

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XXXIII. BAND.

Die
LABORATORIEN
DER
ELEKTRO-TECHNIK
und
deren neuere Hilfsapparate.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN • PEST • LEIPZIG.



BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrierten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.
eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. 4. Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck. 2. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Ed. Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Aufl. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabel-Telegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. von Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer etc. etc.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die Laboratorien
der
ELEKTRO-TECHNIK
und
deren neuere Hilfsapparate.

Ein Handbuch
für
Elektriker, Mechaniker, Telegraphen-Ingenieure,
Lehrer und Studirende der Physik.

Von
August Neumayer
kgl. bayr. Telegraphen-Beamter.

Mit 52 Abbildungen.



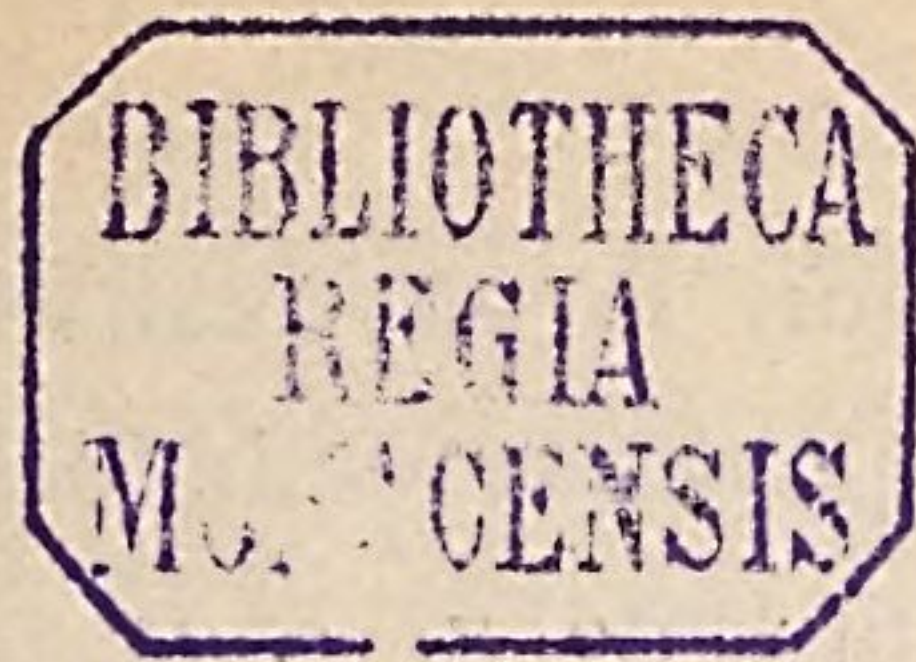
WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1887.

g. n. 1831.



Uebersetzungsrecht vorbehalten.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.



V o r w o r t.

Kaum ein Decennium ist verflossen, seit sich durch die Verbreitung der elektrischen Beleuchtung und der elektrischen Kraftübertragung, durch die vermehrte Anwendung der Telephone, kurz durch den Uebergang der exacten Wissenschaft, der Elektrizitätslehre auf die praktische Anwendung im Alltagsleben ein neuer Zweig derselben gebildet hat, den man gewöhnlich mit dem Gesamtnamen „Elektrotechnik“ bezeichnet.

Hat nun schon die Literatur der Elektrizitätslehre sehr wenig über die Einrichtung elektrischer Laboratorien aufzuzählen, so bietet dieselbe im Gebiete der weit jüngeren Elektrotechnik ausser einzelnen Specialbeschreibungen keinen Anhaltspunkt.

Dr. Edelman hat in einem Werke: „Wissenschaftliche Apparate für Schule und Forschung“ bei Gelegenheit der Beschreibung eines physikalischen Laboratoriums nachgewiesen, wie unendlich wichtig sich die zweckdienliche Einrichtung eines Laboratoriums in Bezug auf die Exactheit und Raschheit physikalischer Arbeiten, sowie auf den Kostenpunkt der ersten Anlage gestaltet.

Ist es nun schon in physikalischen Arbeitsräumen von Werth, durch passende Wahl des Locales, günstige Gruppierung der Apparate u. s. w. die Zeitfrage eines Versuches in zufriedenstellender Weise zu lösen, um wie viel mehr muss diesem Bestreben in dem Laboratorium des Elektrotechnikers, der ja mitten im praktischen Leben steht, in welchem dem Spruche „Zeit ist Geld“, Rechnung getragen werden.

In Vorliegendem habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Laboratorien des Elektrotechnikers in systematischer Folge vom Kleinen zum Grossen zu behandeln.

Nicht Grösse noch Kostbarkeit der Apparate verleiht einem Laboratorium Werth; dieser wird einzig und allein durch die Schmiegsamkeit des Ganzen, durch das Anpassungsvermögen der Instrumente an die verschiedensten Messbedürfnisse, sowie auch hauptsächlich durch Möglichkeit der sofortigen Benützung derselben ohne Vorarbeiten gesichert.

Diesem Erfahrungssatze zufolge habe ich auf die Ausnützung des Raumes, auf die Art der Apparate, sowie auf die Ständigkeit der Aufstellung besonderes Gewicht gelegt. Sollte jedoch in Befolgung dieser Grundsätze thatsächlicher Erfolg zu verzeichnen sein, so muss der Mechaniker dem Experimentirenden Instrumente erstellen, welche diesen Bedingungen Genüge leisten, andererseits Letzterer die vom Verfertiger angestrebten Verbesserungen völlig ausnützen können. Um

beiden Anforderungen gerecht zu werden, habe ich nur Instrumente aufgenommen, welche sich praktisch bewährt haben, andererseits dem Neulinge in elektrotechnischen Arbeiten Anhaltspunkte gegeben, diese Apparate in ihren Vollkommenheiten, aber auch in ihren Mängeln kennen zu lernen.

Verschiedene Apparate gehören gleichzeitig mehreren Capiteln des Werkes an; um lästiges Nachschlagen unnöthig zu machen, habe ich diese Apparate bei den einzelnen Abtheilungen zu wiederholtenmalen beschrieben.

Es wäre mir ohne die liebenswürdigste Zuvorkommenheit vieler Firmen in Bezug auf Zusendung der Apparate zur Prüfung, Abgabe von Werkzeichnungen und Detailbeschreibungen, sowie Ablassung von Cliché's und Galvanos oft unmöglich gewesen, Genaueres über Einzelheiten der Instrumente und deren Behandlung zu geben; es ist mir daher angenehme Pflicht, allen jenen Firmen, die mich hiedurch unterstützt haben, meinen Dank auszusprechen.

In gleicher Weise bitte ich Herrn Generaldirections-Secretär M. Schormaier, für die Mühen in Bezug auf Durchsicht des Manuscriptes und der Correcturbogen meine Dankbarkeit, nochmals an dieser Stelle ausgesprochen, entgegennehmen zu wollen.

Der Verfasser.

Namenverzeichniss.

Beetz, Dr. v.
Breguet.
Carl, Dr.
Carpentier.
Christiani, Dr.
Clark, Latimer.
Debrun.
Deprez.
Edelmann, Dr.
Elliot Broth.
Fein.
Fortin.
Frölich, Dr.
Gauss.
Geissler, Dr.
Giltay.
Grüner, v.
Hartmann & Braun.
Kittler, Dr.
Kipp en Zonen.
Kohlrausch, Dr.
Kröttlinger.
Lalande.
Ledinghams.
Lippmann.
Lodge.
Malisz.
Mascart.
Mercadier.

Meyerstein.
Minchin, Dr.
Mohr.
Nerz.
Neumayer, Dr.
Neumayer.
Palmieri.
Paterson.
Penscy.
Quinke.
Rebiček.
Reiner.
Reinfelder & Hertel.
Rymer, Jones.
Rosenthal, Dr.
Sauerwald.
Siemens Broth.
Siemens & Halske.
Sprengel.
Stöhrer, Dr.
Stollnreuther.
Thomson, W.
Töpler.
Tovote.
Uppenborn.
Warren de la Rue.
Wiedemann.
Wiegand.

I n h a l t.

	Seite
Vorwort	V
Einleitung	IX
Die Ablesefernrohre	1
Allgemeines	1
Die Rohre	1
Linsen und Fadenkreuze	2
Ableseelatten	3
Ablesefernrohre von Dr. M. Th. Edelmann	4
„ „ Dr. M. Th. Edelmann, neue Con- struction	5
Ablesefernrohre von Hartmann und Braun	7
„ „ Dr. Edelmann, Hängefernrohr	9
„ „ Neumayer A., Wandfernrohr	9
„ „ Dr. Edelmann, binoculares	13
„ „ Dr. Neumayer, dreifaches	14
Ablesung mit Hilfe der Lampe	16
„ „ „ „ „ nach Siemens u. Halske I.	16
„ „ „ „ „ Siemens u. Halske II.	18
„ „ „ „ „ Carpentier	20
Die Elektrometer	21
Elektrometer nach W. Thomson	21
„ „ W. Thomson, die Dose	21
„ „ W. Thomson, die Aufstellung	23
„ „ W. Thomson, Empfindlichkeitsgrade	26
„ „ Mascart	30
„ „ Dr. Stöhrer	31
„ „ Penscy	33
„ „ Dr. Edelmann	35

	Seite
Ladungsbatterien	39
Wasserbatterie	39
Trockene Batterie	40
Wage und Wiederhersteller nach Mercadier	43
Absolutes Elektrometer nach W. Thomson	45
" " " W. Thomson für hohe Spannungen	50
Absolutes Elektrometer nach Minchin	51
Capillarelektrometer nach Lippmann	54
" " Dr. Christiani	56
" " Debrun	57
Die Galvanometer	59
Allgemeines	59
Dämpfer	60
Flüssigkeitsdämpfer	60
Luftdämpfer	61
Kupferdämpfer	63
" nach Wiedemann	64
" " Meyerstein	65
" " Edelmann	65
Multiplicatoren	67
Grundplatten, Dreifüße	67
Mitteltheil	69
Spiegelgehäuse nach Dr. Carl	69
" " Siemens	70
" " Edelmann	71
Deckgläser	71
Suspensionsröhren	72
Torsions- und Centrirköpfe	73
Coconfäden	74
Galvanometer nach W. Thomson	75
" " Dr. Kohlrausch	76
" " Reiner	77
" " Siemens und Halske	79
" " Dr. Edelmann	80
" " Dr. Braun	81
" " Carpentier, astatisches	84
" " W. Thomson, astatisches	86

	Seite
Galvanometer nach Deprez und d'Arsonval	88
Mikrogalvanometer nach Dr. Rosenthal	90
" " Dr. Rosenthal, astatisches	91
Elektrodynamometer nach Dr. Kohlrausch	94
" " Dr. Frölich	96
" " Dr. Giltay	99
Die Stromquellen	104
Allgemeines	104
Gramme, Ringmaschinen	104
Hefner-Alteneck, Trommelmaschinen	104
Kröttlinger, Ringmaschine	105
Fein, " 	105
Nerz, " 	106
Aufstellung der Dynamomaschinen	107
Lager	107
Oelung, Selbstöler	107
Riemenspannung	108
Fundamentirung	109
Betrieb	109
Bürstenstellung	110
Thermosäulen	111
" nach Noë	111
Batterien, Allgemeines	112
Daniell-Elemente	112
Chromsäureelemente, Flaschenelemente	113
" nach Bunsen	117
Normalelemente nach Latimer Clark	117
" " Lodge	119
" " Dr. Kittler	119
Batterien für Kabelmessungen	120
Die Messbrücken und Widerstände	125
Messbrücken von Siemens und Halske	125
" " Hartmann und Braun	128
" " Carpentier	128
" " Elliot Broth.	128
" nach W. Thomson und Varley	129
" von Siemens und Halske, für geringe	
Widerstände	130

	Seite
Widerstände aus Graphit	131
" " Flüssigkeiten	132
" für starke Ströme	133
Die Stromschlüssel, Commutatoren, Wippen, Klemmen,	
Leitungsdrähte, Luft- und Bodenleitungen	135
Allgemeines	135
Stromschlüssel nach Dr. Edelmann	136
" Paterson	136
" mit Quecksilber	137
" " Steckern	138
Commutatoren nach Rhumkorff	138
Wippen	139
Elektrometerschlüssel nach Dr. v. Beetz	140
Ladungsschlüssel nach Rymer Jones	141
Klemmen für Drähte	143
" " Apparate	144
Schemadrähte	144
Luftleitungen, Stangen, Isolatoren	146
Herstellung, Einführung	146
Bodenleitungen, Bodenplatten	153
" nach v. Grüner	154
" " Malisz	155
Die Voltameter	156
Allgemeines	156
Knallgasvoltameter	156
Voltameter nach Mohr	156
" " Dr. Kohlrausch	157
" " Ledinghams	158
Silbervoltameter	159
Kupfervoltameter	161
Die Nebenapparate der Laboratorien	163
Allgemeines	163
Die Consolen	163
Die Dreifüsse	165
" " aus Messing	165
" " , das Pyramidenstativ	166
" " , das Gauss'sche Stativ	167
" " , " " nach Dr. Edelmann	168

	Seite
Die Läden	168
Gas-, Wasser- und Heizeinrichtungen	169
Die Schränke	170
„ Tische	170
„ Consoltische	171
„ Luftpumpen	171
„ „ , nach Dr. Edelmann	172
„ „ , Quecksilberluftpumpe nach Sprengel .	178
„ „ „ „ Dr. Geissler	179
„ Wagen	180
„ Barometer	182
„ Thermometer	183
Die Laboratorien	184
Allgemeines	184
Das Laboratorium des Mechanikers	186
Grösse, Einrichtung	186
Das Laboratorium des Technikers, Elektrikers, Privat- gelehrten	189
Grösse, Einrichtung	190
Das Laboratorium, das vollkommene	197
„ „ nach Carpentier (Mercadier)	200
„ „ des Dynamomaschinen-Fabrikanten (der Prüfungsraum)	205
„ „ der Telegraphenanstalten	208
„ „ „ „ für Telephonie	209
„ „ für Beobachtung atmosphärischer Elek- tricität	213
Das Laboratorium für Blitzableiteruntersuchungen . .	220
„ „ „ erdmagnetisch-elektrische Beob- achtungen	225

Illustrations-Verzeichniss.

Fig.		Seite
1.	Ablesefernrohr von Dr. Edelmann	5
2.	„ „ „ „ neuere Construction	6
3.	„ „ Hartmann und Braun	8
4.	„ „ Dr. Edelmann, Hängefernrohr	10
5.	„ „ „ „ dreif. nach Dr. Neumayer	15
6.	Beleuchtungslampe von Siemens und Halske	17
7.	Ablesevorrichtung von Carpentier	19
8.	Elektrometer (Quadrantenelektrometer) von W. Thomson	22
9.	Aufhängevorrichtung für den Spiegel des W. Thomson'schen Elektrometers	24
10.	Elektrometer nach Mascart	29
11.	„ „ Stöhrer u. Sohn	32
12.	„ „ Penscy	35
13.	„ „ Dr. Edelmann	37
14.	Wasserbatterie	40
15.	Wiederhersteller nach Mercadier	44
16.	Elektrometer absolutes nach W. Thomson	48
17.	„ „ für hohe Spannungen nach W. Thomson	50
18.	Galvanometer nach Dr. Kohlrausch, von Hartmann u. Braun	76
19.	„ „ von Siemens und Halske	78
20.	„ „ Dr. Edelmann	79
21.	„ „ „ „ absolutes	79
22.	„ „ nach Dr. Braun, von Hartmann und Braun	83
23.	„ „ von Carpentier	85
24.	„ „ astatisches nach W. Thomson	87
25.	„ „ nach Deprez und d'Arsonval	89

Fig.		Seite
26.	Mikrogalvanometer nach Dr. Rosenthal von Dr. Edelmann	91
27.	„ „ „ „ Ansicht der Multi- plicatoren	91
28.	Mikrogalvanometer nach Dr. Rosenthal, astatisches . . .	92
29.	„ „ „ „ „ , Ansicht der Multiplicatoren	92
30.	Elektrodynamometer nach Dr. Frölich	98
31.	Dynamomaschine nach Nerz, von Dr. Edelmann	106
32.	Chlorsilberelemente nach Warren de la Rue	121
33.	Widerstandskasten von Varley & Thomson (Schema) . .	129
34.	„ von Siemens & Halske	131
35.	Stromschlüssel	137
36.	Entladungsschlüssel von Kempe (Durchschnitt)	142
37.	„ „ „ (Hauptansicht)	142
38.	Drahtverbindungen	150
39.	„	150
40.	„	150
41.	„	150
42.	Voltameter für getrennte Gase	157
43.	„ nach Dr. Kohlrausch	158
44.	„ für Silberausscheidung	160
45.	Stativ, Gauss'sches mit Ablesefernrohr	167
46.	Luftpumpe von Dr. Edelmann	174
47.	Laboratorien (3) Grundriss	198
48.	Laboratorium nach Carpentier	201
49.	Bifilarelektrometer von Palmieri	214
50.	„ „ „ , die Nadel	215
51.	Laboratorium für Beobachtung atmosphärischer Elektrizität	217
52.	Russschreiber von Siemens und Halske	224



Die Ablesefernrohre.

Seit Poggendorff und Gauss eine Methode, kleine Winkelbewegungen an magnetischen und elektrischen Apparaten durch Fernrohr und Scala zu beobachten, gegeben, hat sich die Anwendung dieser Ableseart fast auf alle feineren Messinstrumente übertragen, und besonders in Deutschland ist diese Art allgemein verbreitet, während sich in England und Frankreich die Beobachtungen mittels der Lampe eingebürgert haben. Es würde zu weit führen, die von den verschiedenen Fabrikanten construirten Ablesefernrohre zu beschreiben, ich muss mich auf die vorzüglichsten Vertreter in dieser Sparte beschränken. Die Ablesung geschieht auf Entfernungen zwischen 50 Centimetern und 6 Metern hiernach ist die optische Kraft des Fernrohres zu richten, also in erster Linie die Oeffnung des Objectivs. Bis zu 1.5 Meter, der gewöhnlich gewählten Entfernung ist eine Objectivöffnung von 30 Centimeter ausreichend, bei dauernder Arbeit am Fernrohre wird man jedoch eine grössere Objectivöffnung wählen, weil das Fernrohr hierdurch lichtstärker wird und in Folge dessen das

Auge weniger ermüdet. Die Röhren sind fast durchgängig aus Messing gefertigt und innen mittelst Kienruss und verdünntem Schellack geschwärzt. Im Brennpunkte des Objectivs befindet sich das Fadenkreuz, zwei auf einer Blende kreuzweise ausgespannte Fäden. Da es vorkommt, dass diese Fäden beschädigt werden, so möge hier kurz das Neuaufziehen von Fadenkreuzen beschrieben werden.

Man entfernt die Blende aus dem Rohre und befreit dieselbe mittelst eines in Spiritus getränkten Tuches von Lack und Fäden. Cocon oder Spinnenfäden werden nun an den Enden mittelst kleiner Bleigewichte beschwert und auf die etwas erhöht gestellte Blende aufgelegt, so dass die Fäden in die vier auf der Fläche der Blende eingerissenen Nuthen zu liegen kommen und die Gewichtchen frei herabhängen. Sind die Fäden mit einer Nadel in die richtige Lage gebracht und durch die Gewichtchen straff gespannt, so werden sie an den Nuthen durch je einen Tropfen dicken Metalllackes festgeklebt und nach dem Trocknen am Rande abgeschnitten.

In dem Hauptrohre bewegt sich der kleinere Ocularstutzen, dessen Ende der Ocularkopf mit dem Ocular bildet.

Der Ocularkopf hat bei feineren Fernrohren vier Rectificirschraubchen zur Centrirung des Fadenkreuzes. Für Ablesefernrohre ist diese Zugabe, sofern die Rohre überhaupt genau gearbeitet sind, überflüssig. Die Bewegung des Ocularrohres geschieht entweder mit freier Hand oder durch Zahn und Trieb. Die letztere Einrichtung ist sehr bequem, vertheuert jedoch das Fernrohr und ist für Ablesefernrohre, welche ständig an ihrem Platze verbleiben und namentlich dann, wenn sie

dauernd von demselben Beobachter benützt werden, unnöthig.

Da die Fernrohre sogenannte astronomische sind, so sieht man die Gegenstände verkehrt, ein Uebelstand, der bei den kleinen Spiegeln, welche zumeist eine runde Form besitzen, nicht störend ist; die Spiegelung dagegen erfordert, dass die Zahlen auf der Ableselatte als Spiegelbilder, d. h. von rechts nach links und wegen des astronomischen Fernrohres als auf dem Kopfe stehend, geschrieben werden.

Die Ableselatte, der zweite Hauptbestandtheil eines Ablesefernrohres, besteht theils aus Holz, theils aus Glas oder Porzellan oder auch aus durchsichtiger Cellulose.

Die Holzplatten fertigt man aus dünnen, gut verleimten, gespaltenen und behobelten Tannenhölzern in drei- bis achtfacher Lage. Manche Firmen setzen zur Versteifung dieser Latten eine weitere senkrecht darauf stehende an, so dass der Durchschnitt eine T-Form zeigt.

Nach dem vollständigen Austrocknen des Holzes wird die Latten auf der Vorderfläche mit starkem, glattem Zeichnungspapier überzogen und auf der Theilmaschine oder auf andere Art getheilt. Je nach Wunsch der Besteller, oder je nach Ansicht des Verfertigers, werden die Ableselatten von der Mitte aus mit Ziffern versehen, oder von dem einen Ende aus numerirt. Bei Latten, die von der Mitte aus numerirt sind, findet man öfter die eine Hälfte schwarz, die andere roth getheilt.

Scalen aus Glas werden geätzt und mit schwarzer Oelfarbe eingelassen, sie sind in diesem Falle durchsichtig und können durch reflectirtes Tageslicht mit Hilfe eines Spiegels oder durch zahlreiche aus einer Messingröhre herausbrennende Gasflämmchen beleuchtet

werden. Das gleiche geschieht auch mit Scalen aus Milchglas.

Eine fernere Art von Glasscalen wird in folgender Weise verfertigt: Ein Glasstreifen von gewünschter Länge und Breite wird chemisch versilbert, die Theilung und die Zahlen durch Entfernung der Silberschichte hergestellt und die Rückseite der Scala hierauf mit rothem Siegelack bestrichen. Diese Scalen zeigen die Theilung roth auf spiegelndem Grunde.

Porzellan- und Cellulosescalen können nur durch die betreffenden Fabriken hergestellt werden. Bei ersterne wird die Theilung eingebrannt, wenn sie haltbar sein soll, und man nicht der Billigkeit halber es vorzieht, dieselbe wie bei manchen Glasscalen mittelst Druckfarbe aufzudrucken; bei den Cellulosescalen werden die Zahlen und Theilstriche eingeprägt und geschwärzt.

Die Länge der Latten wechselt zwischen 30 Centimeter und 1.50 Meter, grössere Längen findet man nur in besonderen Fällen, da längere Latten mehr zufälligen Beschädigungen ausgesetzt sind.

Die Befestigung der Latte an dem Fernrohrgestelle muss derart hergestellt sein, dass dieselbe seitlich verschiebbar gemacht, dass eine höhere oder tiefere Lage eingenommen, dass sie horizontal gestellt, sowie dass die einmal gegebene Lage dauernd fixirt werden kann.

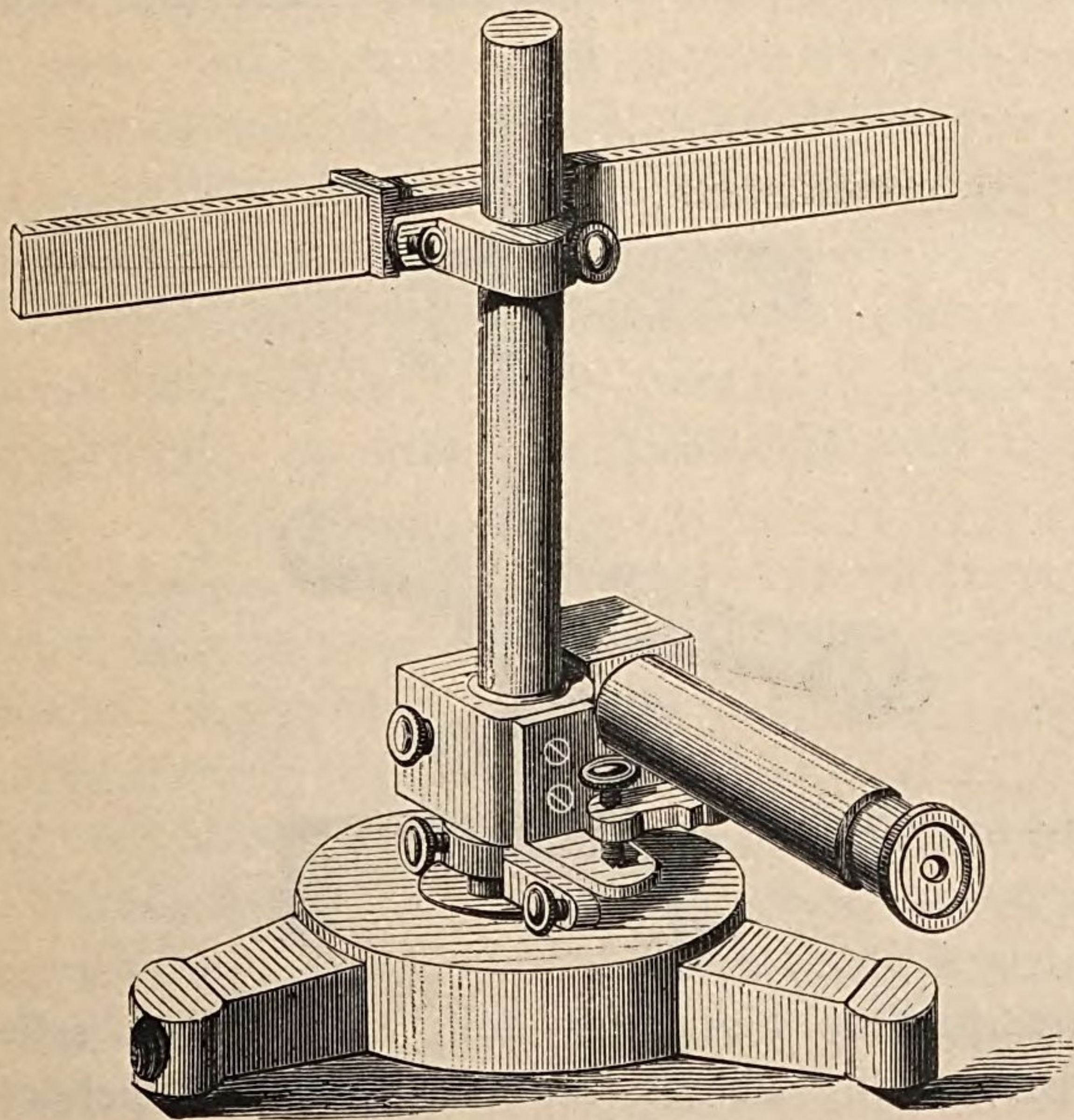
Nach diesen allgemeinen Erörterungen gehe ich dazu über, einige der bewährtesten Constructionen zu beschreiben.

Fig. 1 zeigt die ältere Construction des Dr. Edelmann'schen Fernrohres.

Ein schwerer Zinkfuss trägt eine Säule, an welcher der Fernrohrträger mit dem Fernrohre und weiter oben die Ableseplatte allseitig verstellbar befestigt ist.

Das Fernrohr ist nach Oeffnung der Schraube an dem unteren Bremsringe horizontal zu verdrehen; die Schraube an der Nase des Bremsringes gestattet die feinere Horizontaleinstellung. Die Bewegung in verticaler Richtung vermittelt eine weitere Schraube, die in einem am Fernrohre befestigten Ansatz läuft.

Fig. 1.

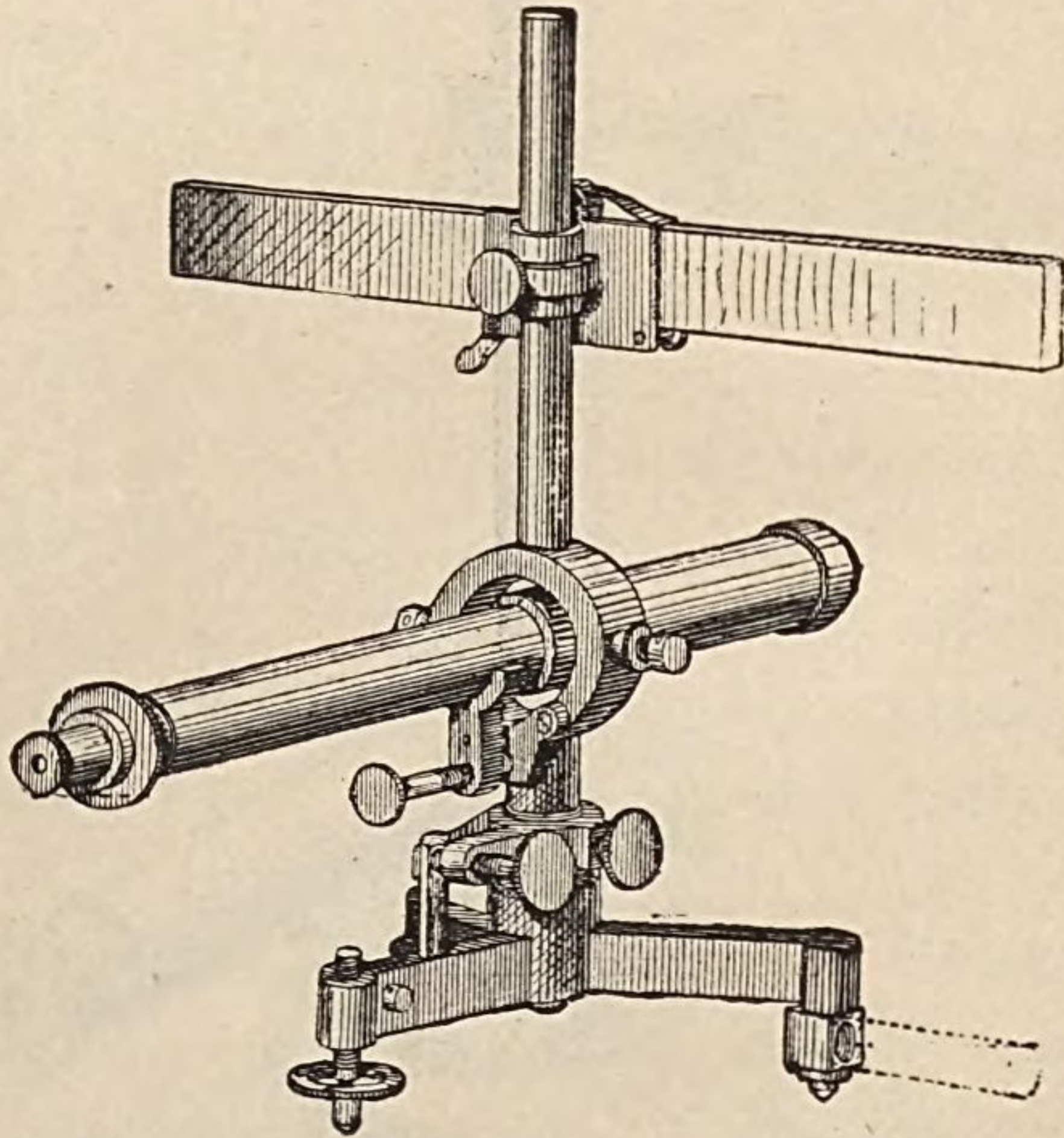


Der obere Theil der Säule mit der Ableselatte kann auch in den einen Fuss der Zinkplatte geschraubt werden, so dass die Latte vertical steht, wodurch Beobachtungen mit Spiegeln, welche sich in der Horizontalaxe drehen, ermöglicht werden.

Die grösseren Sorten von Ablesefernrohren baut Edelman abweichend von dem vorbeschriebenen kleinen

Modelle, Fig. 2. Die Rohre sind ähnlich den Theodolitenrohren in der Mitte gelagert, eine Aenderung, die für schwerere Rohre wohl gerechtfertigt ist. Ausserdem aber verwendet Dr. Edelman statt der Zinkgrundplatte einen Messingdreifuss. Wenn auch diese letztere Aenderung im Interesse des schöneren Aussehens, also der besseren Verkäuflichkeit, gemacht wurde, so dürfte vom praktischen Standpunkte aus diese Neuerung nicht als

Fig. 2.



Verbesserung zu betrachten sein; es möchte scheinen, dass Diejenigen, welche, durch ein falsches Schönheitsgefühl getrieben, den Verfertiger zu derartigen Aenderungen drängen, grösseres Gewicht auf einen im Laboratorium glänzenden, schön polirten Dreifuss, als auf den praktischen Werth eines Instrumentes legen. Der Dreifuss hat, abgesehen von einem gewiss erhöhten Preise, den Nachtheil, dass seine Basis, will man nicht zu unverhältnissmässig ausladenden Formen Zuflucht

nehmen, kleiner ist, als die einer Platte mit Füßen; ferner wird der Schwerpunkt des Instrumentes mehr nach oben verlegt und ausserdem ist die Stabilität bei Dreifüssen gewiss geringer als bei Platten.

Die Anwendung des Fusses mag nur bei Reiseconstructionen empfohlen werden, da die Verringerung des zu transportirenden Gewichtes hier von Belang ist.

Dr. Edelmann fertigt neuestens auch Ablesefernrohre ohne Fuss, welche durch zwei starke, seitlich drehbare Gelenkbänder direct an das Gauss'sche Stativ befestigt sind. Die Abbildung siehe in dem Abschnitte: Die Nebenapparate der Laboratorien (Stative). Steinheil in München fertigt gleichfalls Ablesefernrohre; sie haben Aehnlichkeit mit dem bekannten Hartmannschen Modelle, so dass eine Skizzirung des letzteren genügt.

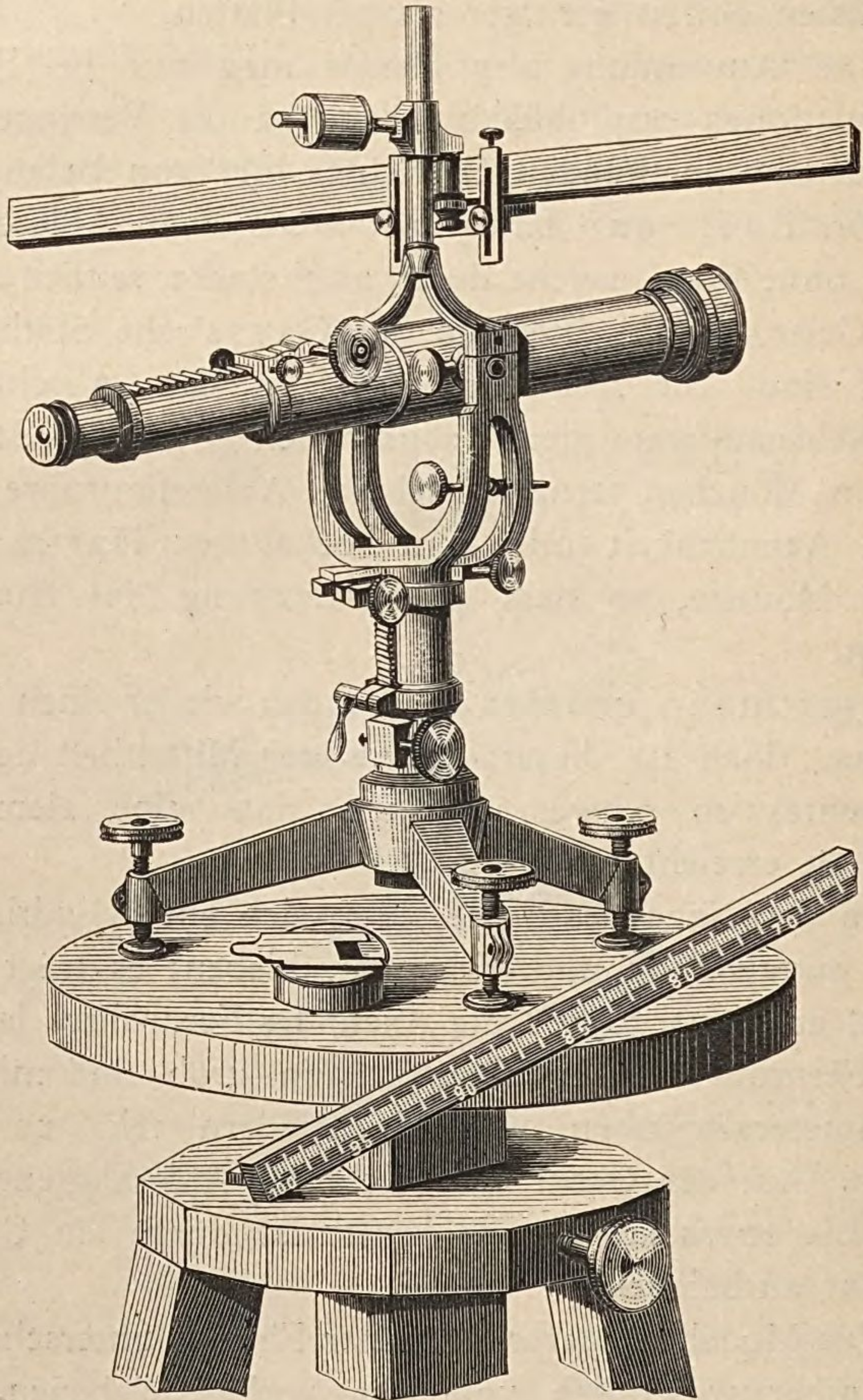
Hartmann und Braun wenden wieder einen Dreifuss an, doch ist dieser, sowie der Mitteltheil des Instrumentes so schwer gehalten, dass eine ziemliche Stabilität erreicht wird, Fig. 3.

In der Nabe des Fusses lässt sich ein cylindrisches Rohr mittels Zahn und Trieb verschieben; es trägt eine Gabel, auf deren Enden die Axen des Fernrohres lagern. Das Fernrohr ist in allen Lagern grob und mittelst Mikrometerschrauben und Gegenfedern fein zu verstellen. Auf der Gabel baut sich der Ableselattenträger auf. Die etwas schwere Holzlatte ist durch ein Gegengewicht ausbalancirt.

Die Modelle anderer deutscher Firmen unterscheiden sich nicht wesentlich von den vorbeschriebenen, insofern es sich um Ablesefernrohre handelt, welche auf Mauerpfeiler oder auf Dreifüsse gestellt werden.

Die für die Dauer wenig gesicherte Aufstellung auf Dreifüßen hat Dr. Edelmann sowie den Verfasser

Fig. 3.



veranlasst, Constructionen zu finden, welche eine dauernde Aufstellung der Ablesefernrohre ermöglichen.

Dr. Edelman nennt die in eigener Werkstätte ausgeführten Fernrohre, die den Anforderungen an höchste Unveränderlichkeit genügen sollen: „Hängefernrohre“, Fig. 4.

Ein starker Balken, oder ein aus starken Bohlen in Doppel- oder Einfach-T-Form zusammengeschraubter Träger *b* durchsetzt quer das Laboratorium und ist in dessen beiden Seitenmauern in einer Höhe von ungefähr 2·10 Meter und einer Entfernung von 1—3 Meter von den Fensterpfeilern befestigt. An dem Balken ist ein schwalbenschwanzförmiges Lineal *p* angeschraubt, auf welchem der Schlitten, der die Tragstange des Fernrohres hält, seitlich verschoben werden kann. An der in der Höhe verstellbaren Tragstange ist die Ableselatte *m* und das Fernrohr *f* befestigt. Dasselbe ist in zwei Ringen mittelst vier Spitzenschrauben eingeklemmt und durch die Schraube *h* in horizontaler, durch die Schraube *v* in verticaler Richtung mikrometrisch einzustellen.

Die Ableselatte ist universal verstellbar und wird, da deren Vorderfläche dem Fenster zugekehrt ist, stets gut beleuchtet. Die Länge der Tragstange beträgt 60 bis 80 Centimeter, so dass der Apparat im Nichtgebrauchsfalle über die Kopfhöhe emporgeschoben werden kann.

In der neuesten Construction hat Dr. Edelman einige unwesentliche Aenderungen vorgenommen, deren hauptsächlichste in einer Vereinfachung der Klemmvorrichtung für den Balken besteht.

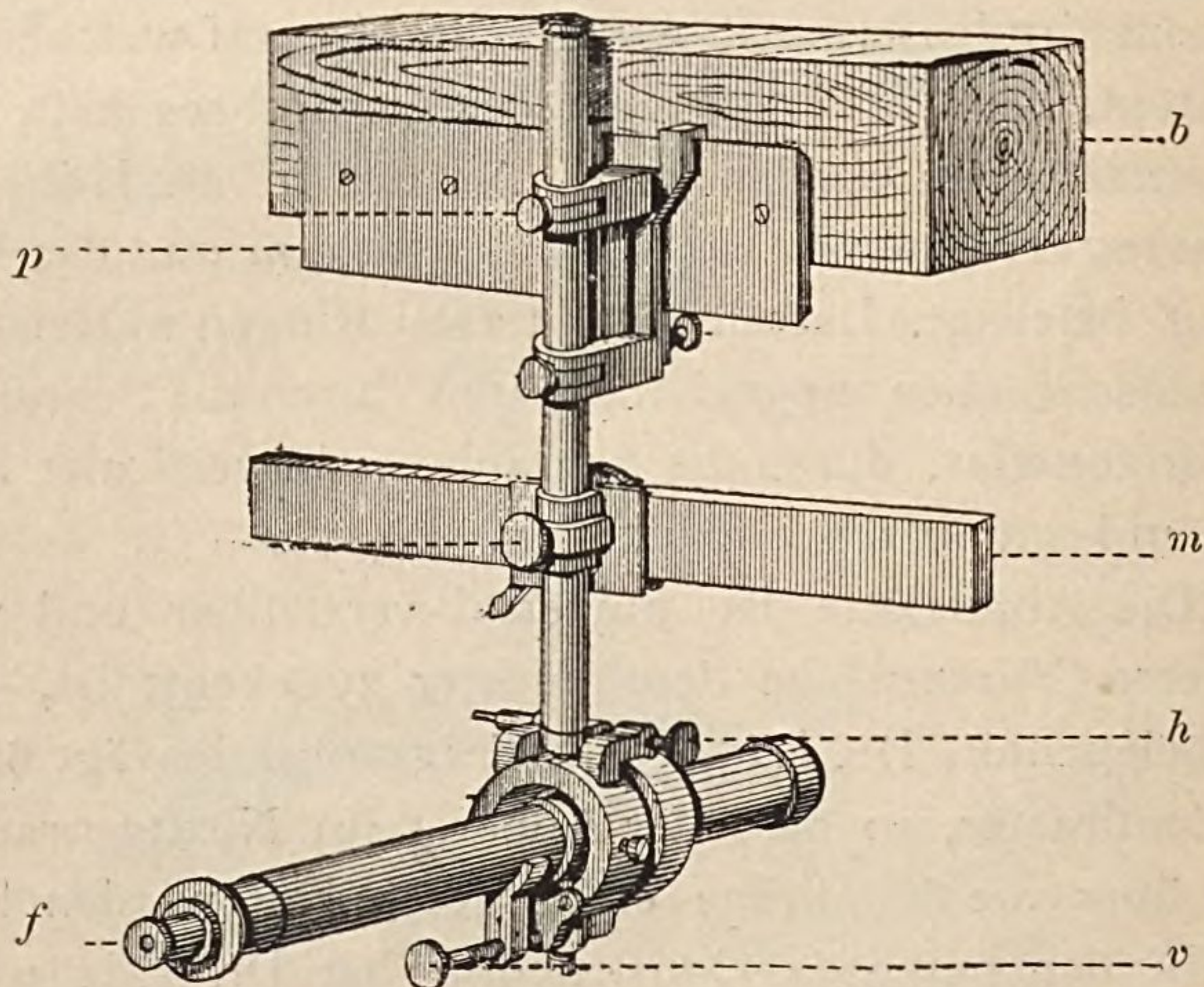
Die nachfolgende Construction, welche im mechanischen Institute von F. Reiner in München ausgeführt wird, und die ich „Wandfernrohr“ benannt habe, ist wie folgt:

Auf einer durch Rippen versteiften Zinkconsole ist eine zweite universal verschiebbare Platte und an dieser

das Fernrohr befestigt, das durch eine Schraube vertical verstellt werden kann.

Das Objectiv ist gegen die Wand gekehrt und trägt ein total reflectirendes Prisma oder einen Silberspiegel. Die Ableselatte ist auf der gleichen Console montirt und universal bewegbar; sollte jedoch die Breite des Fensterpfeilers, an dem diese Ablesefernrohre (wie ich in dem Capitel: „Die Laboratorien“ näher beschreiben werde)

Fig. 4.



montirt werden, zu bedeutend sein, so wird die Latte auf einer eigenen Console befestigt, welche derart construirt ist, dass nahezu die Hälfte der Latte in die Fenster-nische eindringt und dort in der günstigsten Beleuchtung steht.

Die Wandfernrohre werden gewöhnlich zur Beobachtung zweier Instrumente — Galvanometer und Elektrometer z. B. — eingerichtet. An der Objectivseite des Fernrohres ist zu diesem Zwecke ein Stutzen an-

gebracht, welcher durch eine Handhabe gedreht werden kann, und vor dessen Ende das Prisma oder der Spiegel befestigt ist. Die Grösse der durch Schrauben begrenzten Drehung beträgt 180° . Das Fernrohr ist ausserdem in der Längsaxe vorrichtung mit Hilfe der Lagerplatte verschiebbar.

Die Vortheile dieser Construction sind: vollkommene Stabilität, Unabhängigkeit von Bodenerschütterungen, gefällige Form, sowie Anwendbarkeit in kleinen Räumen; dagegen liesse sich anführen, dass die theilweise Abhängigkeit der Scalenentfernung von der Fenster- und Pfeilerbreite für manche Zwecke störend sein möchte.

Da den Grundgedanken dieser Construction die Schaffung eines Ablesefernrohres mit der vollkommensten Stabilität und Unveränderlichkeit bildete, so sind Schrauben mit randerirten Köpfen vermieden und an deren Stelle Schrauben mit Stiftlöchern gesetzt. Die Aufstellung und Correctur wird aus diesem Grunde wohl zeitraubender, die Sicherheit gegen Veränderlichkeit dagegen erhöht, ausserdem aber wird durch derartige Vereinfachungen der Verkauf des Instrumentes zu einem äusserst mässigen Preise ermöglicht. Die genannte Firma liefert auch vollkommener Wandfernrohre, an welchen Correcturen sehr rasch vollzogen werden können.

Die Aufstellung geschieht auf folgende Art: In gleicher Höhe mit der Spiegelfensteröffnung des Galvanometers und Elektrometers wird das Fernrohr angebracht, d. h. dessen Zinkconsole mittelst dreier Messingschrauben und dreier Holzdübel befestigt.

Man hänge nun über die Mitte der Suspensionsröhren der beiden Instrumente einen Faden und befestige daran in der Nähe des Fernrohres einen Senkel. Das

Fernrohr wird nun solange verschoben, bis der Senkelfaden durch die Mitte des Spiegels oder Prismas geht und hierauf die untere Schraube festgeklemmt. Beim Beobachten des einen oder anderen Instrumentes müssen nun die Spiegelfenster derselben in der Mitte des Fernrohres erscheinen, allenfallsige Differenzen werden theils am Fernrohre durch Verschieben der Grundplatte, theils an den Apparaten durch die Centrirschrauben ausgeglichen. Die Aufstellung der Ableselatte geschieht im Anschlusse an das Fernrohr. Zunächst wird die Zinkconsole in passender Höhe, d. i. circa 15 Centimeter höher als die Spiegelgehäuseöffnung, auf gleiche Art wie das Fernrohr befestigt. Man suche hierbei diejenige Stellung der Latte zur Fensternische auf, bei welcher dieselbe möglichst in die Nische eindringt, jedoch dem Oeffnen des Fensters nicht hinderlich ist. Die Latte sammt Fassung wird nun auf dem nach abwärts reichenden Messingstabe so lange verschoben, bis sie im Gesichtsfelde des Ablesefernrohres steht, hierauf das Instrument erregt und beobachtet, ob die Latte parallel zur Schwingungsebene des Spiegels steht, ein Fall, welcher dann stattfindet, wenn die Mitte der Lattentheilung stets in der Mitte des Gesichtsfeldes verbleibt.

Endlich wird noch der Nullpunkt der Scala mit der Ruhelage des Spiegels in Einklang gebracht; sollte sich hierbei eine Verrückung der Latte aus der günstigsten Stellung ergeben, so ist es anzurathen, den Spiegel des Instrumentes gegen den Magneten zu verdrehen und nur die kleineren Verschiebungen an der Latte vorzunehmen.

Nach dem vollständigen Aufstellen und Corrigiren sind sämmtliche Schrauben nochmals kräftig anzuziehen.

Für ein Schülerlaboratorium findet man des Oefteren binoculare Scalenfernrohre construiert, die es zwei Beobachtern ermöglichen, den Spiegelbewegungen zu folgen. Ausser der Beschäftigung zweier Studirenden haben diese Instrumente für Lehranstalten noch den besonderen Vorthail, dass der Lehrer die Angaben des Ablesenden durch Hineinsehen in das zweite Rohr bestätigen kann. Gewöhnlich werden die beiden Oculare in einem rechten Winkel aufeinander gestellt und der Lichtkegel des Objectivs zur Hälfte frei in das in der Axe des Rohres liegende Ocular geleitet, zur Hälfte aber durch ein total reflectirendes Prisma in das zweite Ocular übergeführt. Bei allen Instrumenten, bei welchen eine derartige Lichttheilung nöthig ist, darf man nicht unterlassen, dem Objectiv eine nicht zu geringe Oeffnung zu geben; die Edelmann'schen binocularen Instrumente werden deshalb erst von 40 Millimeter freier Oeffnung an gebaut.

Es ist selbstverständlich, dass das Prisma oder der dasselbe ersetzende Spiegel mit den nöthigen Corrections-schraubchen ausgerüstet ist. Die übrige Anordnung ist von einem einfachen Ablesefernrohr in nichts verschieden.

Für die Beobachtung von drei Instrumenten hat Dr. Neumayer ein äusserst compendiöses Fernrohr angegeben, welches auch zur Ablesung der drei Lamont'schen magnetischen Variationsapparate gelegentlich der deutschen Polarexpedition im Gebrauche stand.

Da das Instrument aber auch für Laboratorien von bestimmter räumlicher Ausdehnung oder passende locale Verhältnisse von Werth werden kann, dürfte dessen Beschreibung nicht ohne Nutzen sein. — Es stehe für ein neuzuschaffendes Laboratorium ein im Erdgeschosse sich befindlicher quadratischer Raum zur Verfügung, der

mit zwei Fenstern und einem Zwischenpfeiler versehen ist. Für das Laboratorium sollen drei Hauptinstrumente, ein Galvanometer, ein Elektrometer und ein Elektrodynamometer beschafft werden. Unter Benützung des Edelman'schen Hängefernrohres würde sich die Aufstellung derartig vollziehen lassen, dass das eine Instrument am Zwischenpfeiler, die beiden anderen links und rechts desselben anzubringen wären; doch hätte man, soferne auf annähernd gleichen Scalenabstand von den Spiegeln Gewicht gelegt würde, drei getrennte Arbeitstische aufzustellen, also auch, da Messbrücke, Schlüssel u. s. w. sowohl für das Galvanometer als auch Elektrodynamometer nothwendig, diese Apparate in doppelter Anzahl zu beschaffen, wenn man nicht zu dem unbequemen Aushilfsmittel des Umhertragens dieser nothwendigen Hilfsinstrumente greifen wollte.

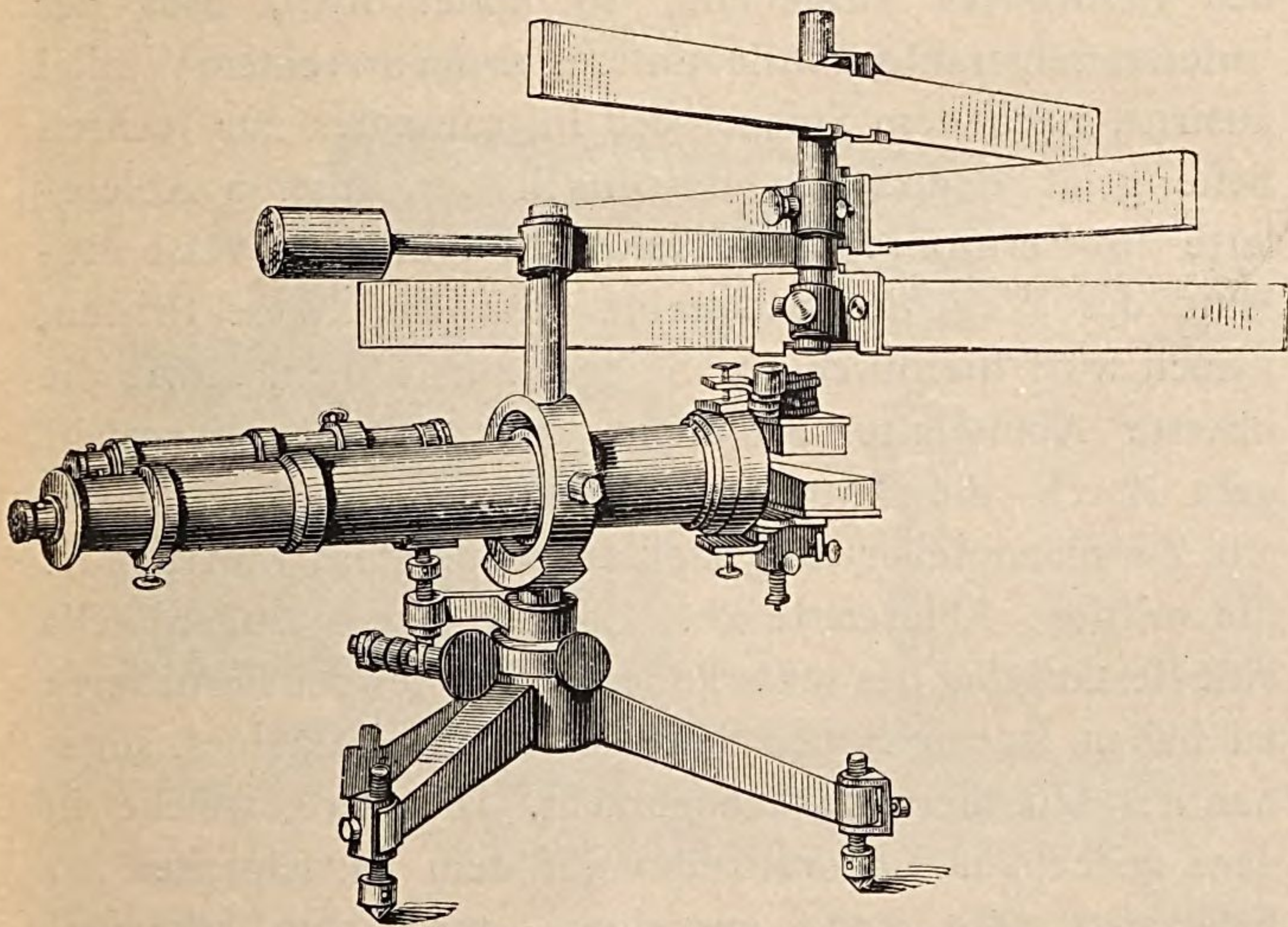
Weit einfacher wird die Aufgabe durch Benützung des Dr. Neumayer'schen dreifachen Fernrohres gelöst, Fig. 5. Das Fernrohr wird auf einen in Mitte des Raumes aufgebauten Steinsockel gesetzt, das eine Instrument auf einer Console am Zwischenpfeiler, die beiden anderen in Mitte der Seitenmauern aufgestellt. Um nun diese drei je in einem rechten Winkel unter einander stehenden Instrumente zu beobachten, hat das besagte Fernrohr folgende constructive Einrichtung:

In einem mit Correctionsschrauben versehenen schweren Messingdreifusse ist ein starker Conus mit mikrometrischen Correctionsvorrichtungen in der Horizontale, der am oberen Ende einen senkrecht stehenden Ring trägt, eingesetzt. Zwei in der Mitte des Ringes angebrachte Spitzenschrauben bilden die Lagerung des

den Ring durchsetzenden Hauptfernrohres von 54 Millimeter Objectivöffnung.

Diese Verticalbewegung des Rohres wird durch eine unterhalb desselben befestigte Mikrometerschraube bewirkt. Vor dem Objective sind, durch Flanschen am Objectivköpfe befestigt, zwei total reflectirende Prismen aufgesetzt. Zwischen beiden Prismen bleibt ein Raum

Fig. 5.



für den mittleren Sehstrahl von ungefähr 16 Millimeter. Die beiden Prismen sind mit den nöthigen Corrections-schraubchen versehen, damit sie parallel zum mittleren Sehstrahl gestellt werden können, sowie um auch jene Verschiebungen zu gestatten, wodurch der eine untere Sehstrahl, senkrecht auf dem mittleren, nach der rechten Seite, der andere, ebenfalls senkrecht auf dem mittleren, nach der linken Seite austreten kann. Auf der oberen

Seite des Ringes ist ein cylindrischer Stab eingeschraubt und auf diesem ein durch ein Gewicht ausgeglichener Arm als Träger des Ableselattenhalters befestigt. Auf dem Halter selbst sind drei Ableselatten angebracht. Die Fassung dieser Ableselatten gestattet das beliebige Verstellen derselben nach jeder Richtung, sowie die Correctionen in Bezug auf die Horizontale.

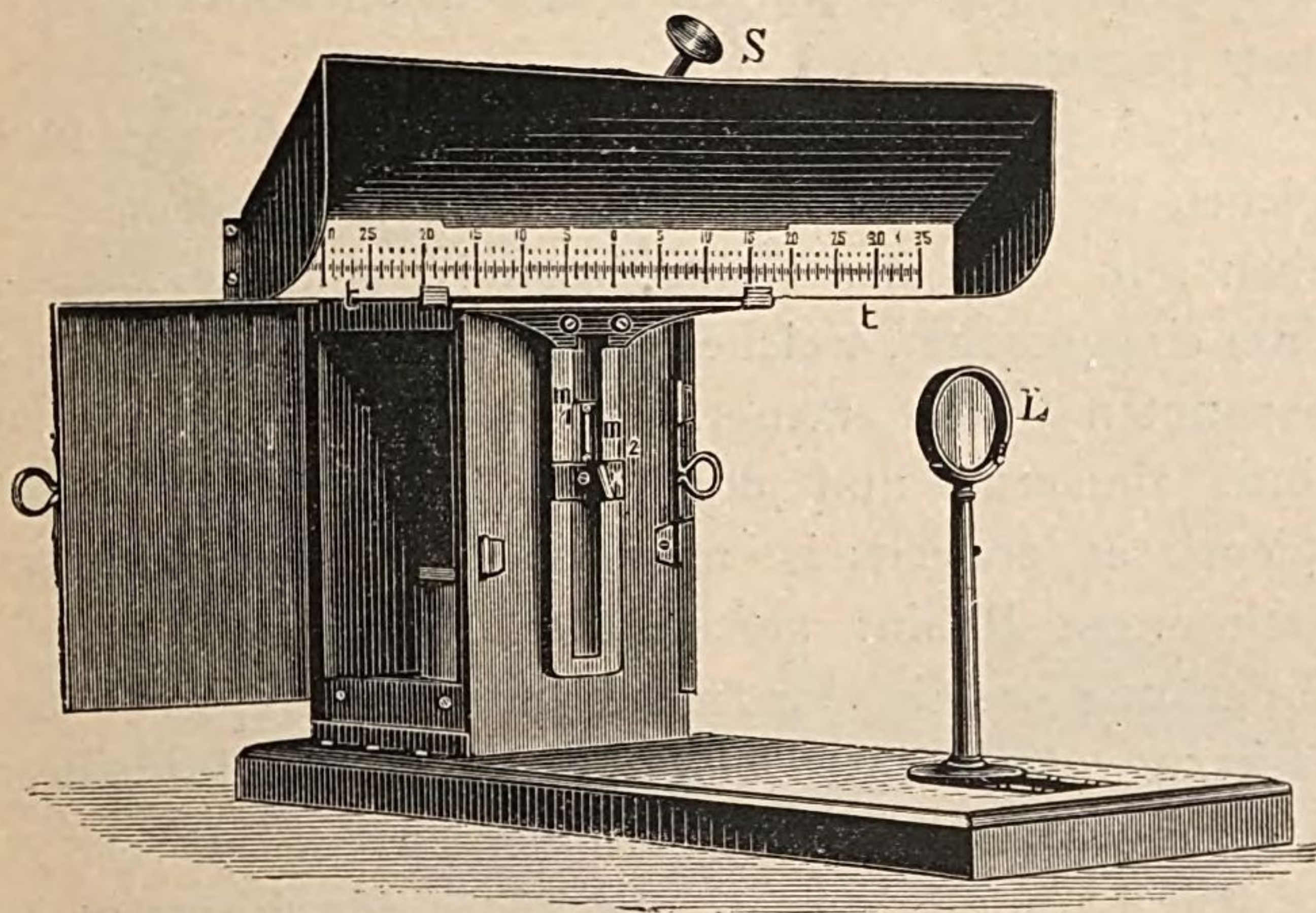
Verfolgt man nun die Sehstrahlen, von dem Oculare des Fernrohres ausgehend, so findet man, dass der unterste Sehstrahl durch das untere Prisma in rechtem Winkel austritt, nach dem Spiegel des Instrumentes zur rechten Seite gelangt und von dort nach der unteren Ableselatte am Fernrohre zurückkehrt. In ähnlicher Weise verläuft der Weg des Sehstrahles für das obere Prisma, jedoch wird hierdurch der Spiegel zur Linken, sowie die oberste Ableselatte betroffen. Der mittlere Sehstrahl geht durch die Mitte des Objectivs zum Spiegel des am Zwischenpfeiler aufgestellten Apparates; ihm gehört die mittlere Ableselatte zu. Um in jedem Augenblicke eine Bestätigung des unveränderten Standes des Fernrohres zu haben, ist zur linken Seite desselben ein kleines, sogenanntes Mirenfernrohr angebracht. Die Mire, welche in dem gedachten Laboratorium auf dem Mittelpfeiler zu befestigen wäre, kann aus einem mit einem scharfen, schwarzen Punkte versehenen Porzellanplättchen bestehen, oder aber aus einem Plättchen mit schwarzem Kreuze.

Die Befestigung geschieht nach der einmal vorgenommenen genauen Aufstellung der Apparate durch Eingypsen in die Mauer.

Der Vollständigkeit der Ablesevorrichtungen halber muss der Lampenablesung älterer Art, sowie der neueren Form derselben nach Carpentier gedacht werden.

Die ältere, bekannte Art, bei allen englischen Originalapparaten angewendet, erfordert einen vollständig verdunkelten Raum und gelingt überhaupt nur bei einem mässigen Scalenabstande. Neben dieser Beschränkung hat diese Methode den Hauptfehler, der in der Unbequemlichkeit, in einem dunklen Zimmer manipuliren zu müssen, liegt, wodurch die Apparate leicht Schaden leiden; ein Vorthail besteht vielleicht darin, dass die Arbeit des

Fig. 6.



Ablesens das Auge auf die Dauer weniger ermüdet, als das Arbeiten am Fernrohre.

Die ältere Thomson'sche Lampenablesung benöthigt an dem Messinstrumente einen kleinen Hohlspiegel, dem eine kreissegmentartige Scala gegenübersteht. In Mitte der Scala ist eine Spalte angebracht, die durch einen senkrecht gespannten Draht durchsetzt ist. Genau hinter dem Drahte wird der Flachbrenner einer Oel- oder Petroleumlampe aufgestellt, so dass derselbe

dem Drahte die schmale Seite zukehrt. Die Lampe ist zur Abblendung des Lichtes in ein Gehäuse aus Zinkblech eingelassen. Bei richtig gewählter Entfernung des Scalenabstandes von dem Spiegel erscheint auf der Theilung ein schwarzer Strich auf hellem Grunde.

Dieser Strich ist jedoch kaum so genau einzustellen, dass er, wie man bei Fernrohrablesung gewohnt ist, einen Theilstrich scharf bedeckt.

Siemens und Halske haben die Thomson'sche Lampenablesung in einigen Punkten bequemer und genauer gemacht.

Die Messinstrumente benöthigen hierbei keiner Hohlspiegel, sie können vielmehr mit ebenen Spiegeln versehen sein. Statt des Hohlspiegels ist eine verschiebbare Linse eingeschaltet, welche ein Bild des Spaltes mit dem gespannten Draht erzeugt. Durch die Verwendung der Linse einerseits und durch Benützung eines ebenen Spiegels andererseits ist man nicht, wie bei einem nach bestimmtem Radius geschliffenen Hohlspiegel, von der Entfernung des Galvanometers von der Lampe abhängig. Es kann vielmehr der Abstand der beiden Instrumente in mässigen Grenzen geändert werden.

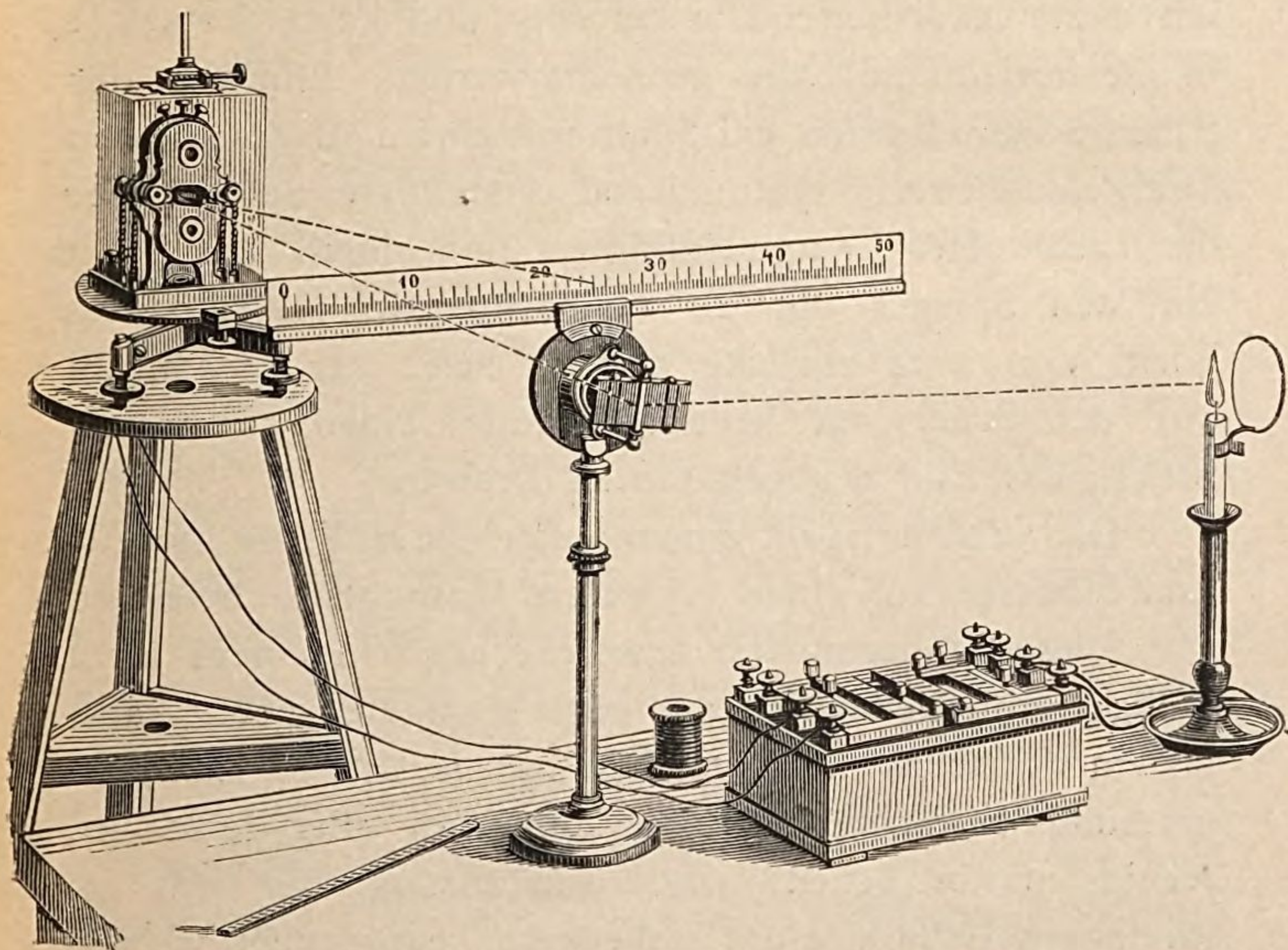
Die Lampe ist hierbei gleichfalls mit einem Gehäuse versehen, die Linse auf dem Grundbrette verschiebbar und die Scala mikrometrisch zu verstellen.

Zu den Vortheilen zählt ferner die Bedachung und Einschliessung der Scala innerhalb eines geschwärzten Schutzbleches.

Von der Firma Siemens wird ausserdem eine von der vorbeschriebenen verschiedene Construction geliefert, die zwar die gleichen Haupttheile besitzt, in Bezug auf die Anordnung der Lampe aber abweichend ist. Diese,

wie bei dem Vorbeschriebenen in einem Gehäuse eingeschlossen und mit einem Spalte und dem erwähnten Drahte versehen, wird seitlich und senkrecht zur Verbindungslinie von Spiegel und Scala aufgestellt. Um die Lichtstrahlen auf den Spiegel und von dort auf die Theilung zu leiten, wird ausser der Linse noch ein

Fig. 7.



total reflectirendes Prisma in den Strahlengang eingeschaltet, ein Prisma, welches im Schnittpunkte der Verbindungslinie Spiegel-Scalen-Nullpunkt und der senkrecht darauf gedachten, von der Lampe ausgehend, zu stehen kommt. Das Prisma ist mit den nöthigen Correctionsschrauben ausgerüstet und auf einer Säule befestigt. Es ist mir unbekannt, in welcher Weise die eine oder andere Art wesentliche Vortheile bietet, jeden-

falls muss bei der letztbeschriebenen Art die Scalenentfernung eine beschränktere bleiben.

Eine sinnreiche Vervollkommnung der vorbeschriebenen Art bildet die Ablesevorrichtung der Firma Carpentier. Fig. 7 gibt die Ansicht der das Ablesefernrohr ersetzenden Vorrichtung.

Eine transparente Scala ist drehbar auf einer geschwärzten Messingscheibe befestigt und kann dortselbst in die horizontale Lage gebracht werden. Inmitten der Scheibe befindet sich ein Spalt mit einem ausgespannten Drahte, rückwärts ein universal verstellbarer Spiegel, der das Licht einer Lampe aufnimmt und durch den Spalt auf den Spiegel des zu beobachtenden Instrumentes wirft. Von dort zurückgeworfen, zeigt der Lichtstrahl auf der Scala auf hellem Grunde einen schwarzen Strich, das Bild des gespannten Drahtes.

Die Scheibe ist auf einem aufziehbaren Fusse montirt und letzterer auf einer schweren Grundplatte befestigt.

Diese Beobachtungsart, welche auch in einem nicht völlig verdunkelten Raume gute Resultate giebt, kann als ein Fortschritt im Vergleiche mit der älteren Lampenablesung betrachtet werden, immerhin aber fehlt ihr, wenigstens in gegenwärtiger Ausführung, das, was im modernen Laboratorium unbedingt beansprucht werden muss, die Unveränderlichkeit der Aufstellung.

Für Schülerlaboratorien, in welchen die Aufstellung und die Correctur der Apparate einen Zweig des Lehrplanes ausmachen, dürfte dieses Fabrikat wohl empfohlen werden. Carpentier liefert jedoch auch Ablesevorrichtungen für fixe Aufstellung auf Steinpfeilern.

Die Elektrometer.

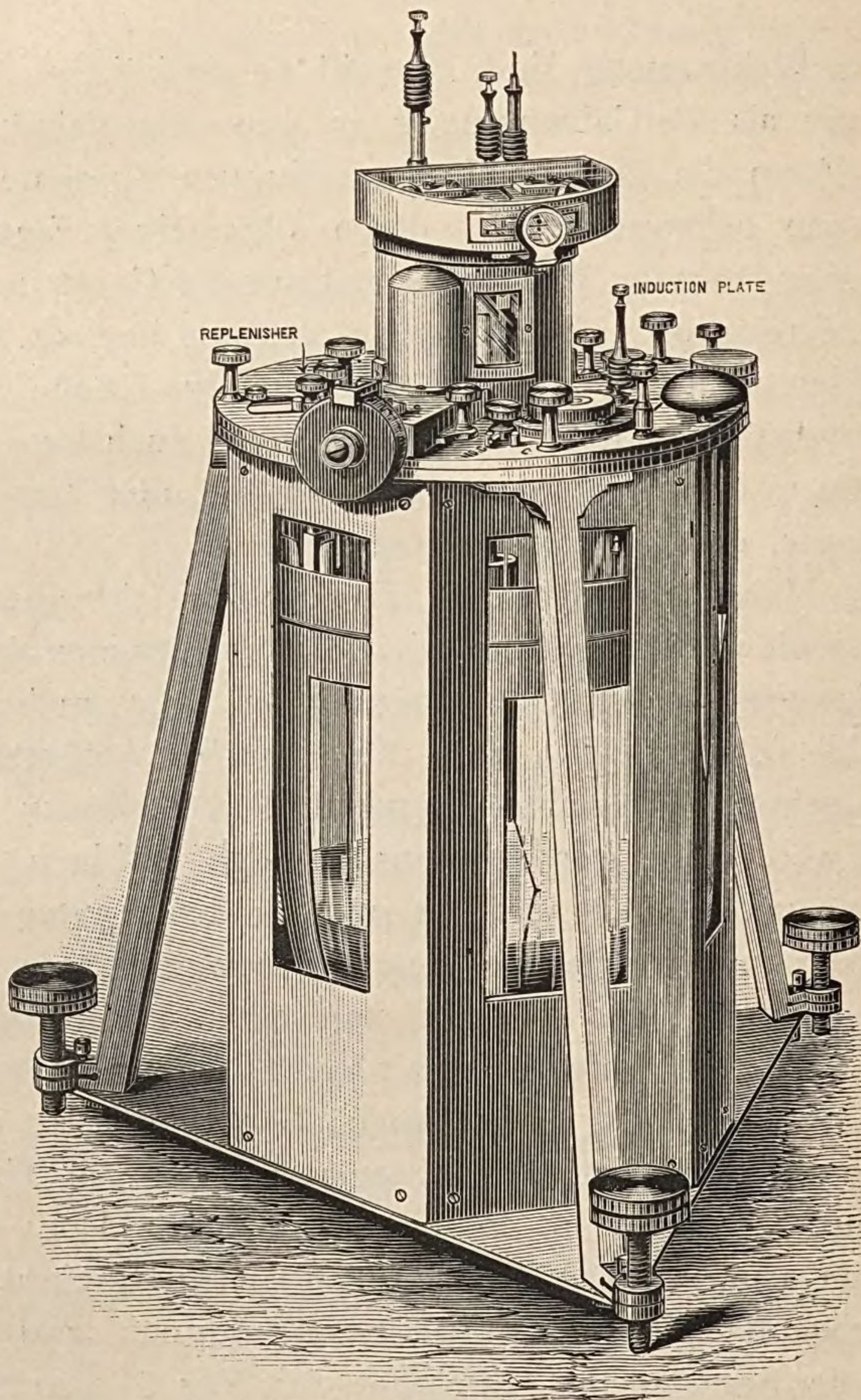
Die Elektrometer sind, obwohl sie ein höheres Alter aufweisen als die Galvanometer, in ihrer jetzt gebräuchlichen Form die jüngsten Laboratoriumsinstrumente, ja man kann behaupten, dass deren allgemeiner Eingang in die physikalische Werkstätte erst mit der Construction von W. Thomson's Quadrantenelektrometer beginnt. Fast alle späteren Elektrometer sind in ihren Grundzügen nach diesem vorzüglichen Vorbilde gebaut, wenn auch fast jeder Verfertiger eine von dem Bedürfnisse oder Kostenpunkte etc. etc. dictirte Variante herstellt.

Der Hauptbestandtheil des Thomson-Elektrometers, Fig. 8, ist die viertheilige Dose mit der bisquitförmigen Nade¹.

Man verfährt behufs Anfertigung der Dose am besten wie folgt: Zwei gleiche, vom Metalldrucker hergestellte, mit aufgebogenen Rändern versehene Bleche, Boden und Deckel, werden auf der Drehbank auf den nöthigen Grad von Genauigkeit rund gedreht und an den Kanten mit einer Kehlung versehen, so dass die beiden Stücke, zusammengesetzt, eine Schachtel mit etwas abgerundeten Enden bilden. Die Fuge wird mit leichtflüssigem Messingschlaglothe verlöthet, vorstehendes Loth abgedreht und die Schachtel mittelst einer Circularfraise in vier Theile zerschnitten. Sollte in dem inneren Rande Loth eingeflossen sein, so wird dieses mit einer im Durchmesser der Schachtel gleichen Fraise weggenommen und das Innere der Sektoren mit Hilfe eines mit Filz überzogenen Holzrädchens und mittelst Rouge, wie man sagt, bis zum Hochglanze polirt.

Die Quadranten sind in gleichen Abständen voneinander, an Glasfüßen befestigt, an den Deckel ge-

Fig. 8.



schraubt, einer derselben ist jedoch mit Hilfe einer Mikrometerschraube radial verstellbar. Der Deckel, durch

drei auf der Grundplatte befestigte Füße gehalten, trägt das Spiegelgehäuse mit dem Spiegel und den Aufhängfäden, ferner die Wage, den Wiederhersteller und die Inductionsplatte.

Die Functionen dieser Theile sind zu oft und in genügend ausführlicher Weise beschrieben, als dass ich an dieser Stelle nochmals darauf eingehen müsste, ich beschränke mich vielmehr auf die Art und Weise der Aufstellung, sowie auf die diesem Instrumente inwohnenden Eigenthümlichkeiten.

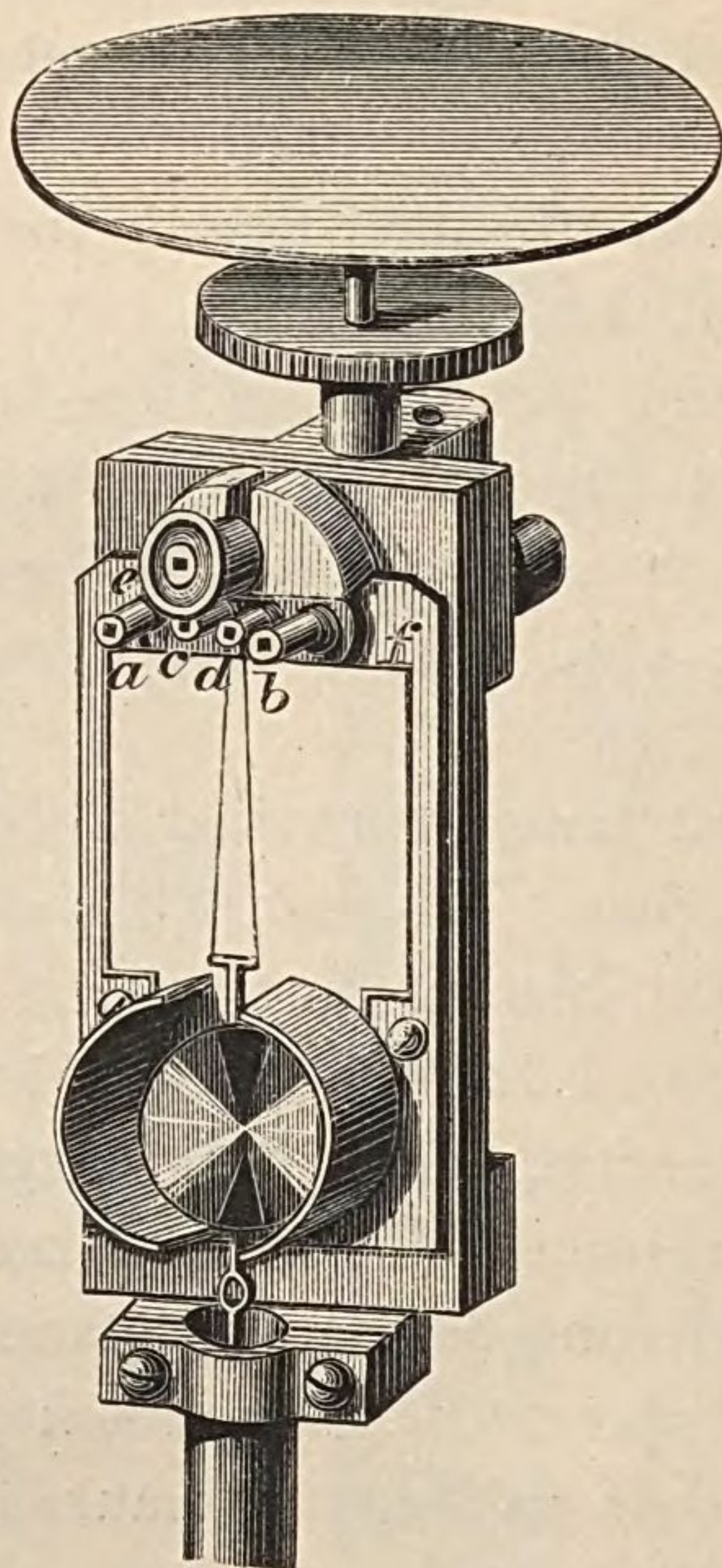
Die Aufstellung des Instrumentes ist durch die am Deckel befindliche Dosenlibelle erleichtert, dagegen gehört das Einsetzen eines neuen Coconfadens zu den Arbeiten, welche eine ruhige Hand und Geduld verlangen.

Ein möglichst feiner, einzelner Coconfaden wird an dem Querstängelchen befestigt, beziehungsweise mit Schellack angeklebt, hierauf durch die in den Schrauben *c* und *d* befindlichen Löcher gesteckt und durch Drehen der Schrauben bewirkt, dass der Spiegel in dem ihn umschliessenden röhrenförmigen Schutzgehäuse centrisch schwebt. Die Aenderung des Fadenabstandes dieser Bifilaraufhängung wird durch die Schraube *h* bewirkt, welche die federnden Bleche mit den Schrauben *a*, *c* und *d*, *b* durch den rückwärtigen Conus gegenseitig nähert oder entfernt. Fig. 9.

Die gröbere Regulirung wird durch die Schrauben *a* und *b* selbst bewirkt, welche, wenn geöffnet, gestatten, die kleine Platte mit den Schraubchen *c* und *d* seitlich zu verschieben. Eine in der Figur nicht gezeichnete Schraube erlaubt geringe Veränderungen des Ganzen nach vor- oder rückwärts.

Das Einfüllen der Schwefelsäure erfordert Vorsicht. Man verwendet reine, starke Säure und erhitzt dieselbe auf einem Sandbade mit einigen Krystallen von Ammoniumsulphat.

Fig. 9.



Den Stößen, welche die Säure beim Erhitzen giebt, hilft man durch einigen auf den Boden des Gefäßes geschütteten Sand ab. Nachdem die Säure erkaltet, wird sie mittelst eines bis auf den Boden reichenden Glas-trichters mit enger Ausflussöffnung derart eingefüllt, dass die Platinfahne oder die von oben herabreichenden drei Platindrähte vollkommen eintauchen.

Die Füße des Instrumentes stehen auf Klötzen von Hartgummi, Paraffin oder Schellack. Einige Zeit nach Einfüllung der Säure und nachdem der Apparat vollständig mit der Libelle gerade gestellt wurde, kann zum Laden der Flasche geschritten werden.

Vorerst werden die Klemmen der Quadranten und der Inductionsplatte, ferner der Deckel leitend verbunden und zur Erde abgeleitet, alsdann die Ladungsfeder auf das Gestell des Platindrahtes der Nadel gedreht und die Flasche mit Hilfe einiger Elektrophorfunken geladen.

Die Verbindung der Klemmen etc. etc. wird wieder entfernt und das fehlende Einspielen der Wage mit Hilfe des Wiederherstellers (Replenisher) ergänzt. Hat der Zeiger der Wage sich, was bei starken Ladungen auftreten kann, oben festgehängt, so muss man durch leises Klopfen auf das Gehäuse seine Beweglichkeit zurückzubringen suchen.

Ladungsverluste, wie sie bei richtiger Wahl der Säure und den Apparaten der besseren englischen Firmen, welche ausnahmslos vorzüglich isolirendes Glas verwenden, vorkommen, sind leicht durch den Replenisher auszugleichen, grössere Ladungsverluste liegen meist in einer Unreinheit der inneren Glaswandung, welche mittelst eines mässig feuchten, eingeseiften Schwämmchens gereinigt werden muss.

Das Elektrometer ist sehr empfindlich, seine Construction erlaubt sehr verschiedene Grade der Empfindlichkeit anzuwenden. Der einzige Nachtheil, der dem Apparate anhaftet, ist die Schwierigkeit, die beiden Aufhängefäden gleichzuspannen, überhaupt die fehlerlose Aufstellung desselben zu bethätigen; ferner liegt eine Unbequemlichkeit darin, dass man, um sich von dem

richtigen Stande der Wage zu überzeugen, an das Instrument herantreten muss. Ich werde bei der Beschreibung des Elektrometers von Mercadier darauf zurückkommen, wie genannter Forscher diese Unbequemlichkeit beseitigt hat.

Die Empfindlichkeitsabstufungen sind nach Kempe¹⁾ folgende:

1. Grad.

Die folgende Verbindung giebt die höchste Empfindlichkeit, wie sie zur Bestimmung des Potentials eines Daniell-Elements nöthig ist.

Der eine Pol der Batterie wird vermittelt eines Stromwenders mit einer Quadrantenklemme, der andere mit dem Gestell und der zweiten Quadrantenklemme verbunden. Es wird hierdurch bei Umkehrung der Pole eine Ablenkung von 50 Theilstrichen, zu beiden Seiten von 360, im Ganzen also eine solche von 100 Theilstrichen erhalten.

2. Grad.

Lässt man einen Pol an dem Gestell, so erhält man den zweiten Grad der Empfindlichkeit, indem man das Quadrantenpaar, das mit dem Gestell verbunden ist, durch Heben der Elektrode davon trennt. Die übrigen Verbindungen bleiben wie vorhin. Bei dieser Verbindung wird die Nadel nur von einem Quadrantenpaar beeinflusst. Durch Benutzung der Inductionsplatte kann man die Empfindlichkeit des Instrumentes noch weiter reduciren. Verbindet man beispielsweise den Batteriepol mit einem Quadrantenpaar, so nehmen letztere das Potential des-

¹⁾ H. R. Kempe, Handbuch der Elektricitätsmessungen, deutsch von J. Baumann.

selben an. Verbindet man jedoch den Pol mit der Inductionsplatte, so ist die Ladung des Quadranten unterhalb derselben nur eine inducirte, welche in Folge des Abstandes von Platte und Quadranten nur klein und von verhältnissmässig geringem Einflusse auf die Nadel ist. Trennt man ferner ein Quadrantenpaar und führt den Draht von der Batterie zur Inductionsplatte und den entsprechenden Quadranten, so wird die Ladung theilweise gebunden und hierdurch die Wirkung auf die Nadel noch weiters verringert. Daraus erhält man folgende mögliche Empfindlichkeitsgrade:

3. Grad.

Ein Quadrantenpaar ist mit einem Batteriepole, Inductionsplatte und zweiter Batteriepol mit dem Gestell verbunden, das zweite Quadrantenpaar durch Heben der Elektrode ausser Verbindung gesetzt.

4. Grad.

Ein Quadrantenpaar ist mit einem Pole der Batterie und mit der Inductionsplatte, der zweite Pol der Batterie mit dem Gestell verbunden, das zweite Quadrantenpaar durch Heben der Elektrode ausser Verbindung gesetzt.

5. Grad.

Die Inductionsplatte ist mit einem Batteriepole, ein Quadrantenpaar und der zweite Pol mit dem Gestell verbunden, das zweite Quadrantenpaar durch Heben der Elektrode ausser Verbindung gesetzt.

6. Grad.

Die Inductionsplatte ist mit einem Pole der Batterie, der andere mit dem Gestell verbunden, beide Quadrantenpaare sind durch Heben der Elektroden ausser Verbindung gesetzt.

Man kann in jedem Falle die Klemmen der Quadranten vertauschen.

Beim Heben einer der Elektroden, um dieselbe von den Quadranten zu trennen, kann es vorkommen, dass die Nadel infolge des hierdurch inducirten Stromes etwas abgelenkt wird.

In der neuesten Form des Instrumentes ist ein kleiner Hartgummiknopf angebracht, welcher beim Drehen die Quadranten mit dem Gestell verbindet und damit die Ladung beseitigt. Ist dies geschehen, so wird der Knopf wieder zurückgedreht, bevor man die Messung beginnt.

Die Dose des Elektrometers hat hierbei einen Durchmesser von ungefähr 66 Millimeter bei einer Höhe von 19 Millimeter, die Entfernung der Fäden kann zwischen 1.27 und 3.2 Millimeter verändert werden.

Die in Deutschland unbeliebte Ablesung mittelst einer Lampe, wie sie dem Thomson-Elektrometer beigegeben wird, hat Uppenborn,¹⁾ unbeschadet der Deutlichkeit, dahin geändert, dass er nunmehr das Elektrometer durch Fernrohr und Ableselatte beobachtet.

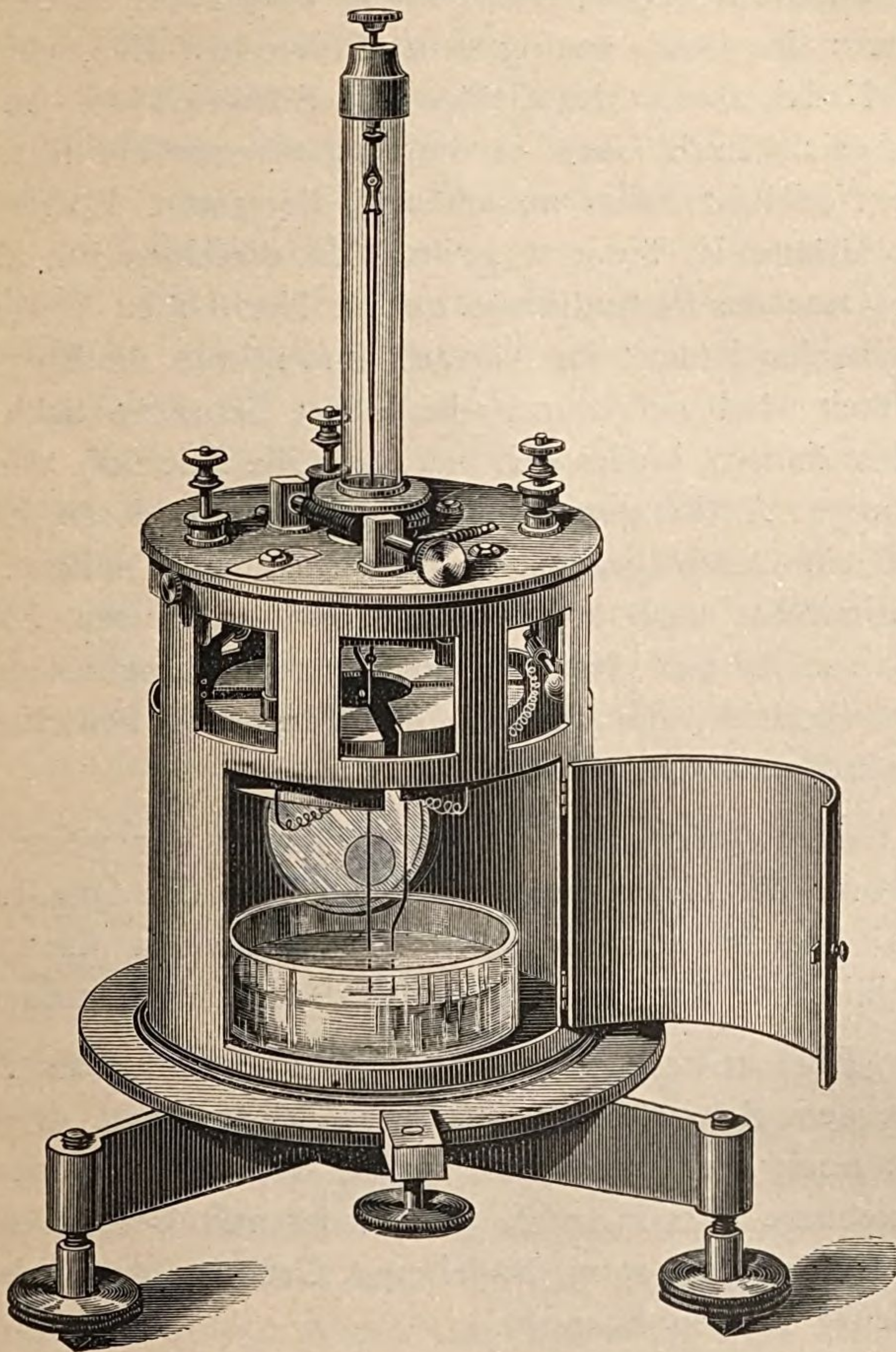
Ich habe mich gelegentlich eines Besuches in S. Schuckert's Laboratorium in Nürnberg überzeugt, dass trotz des geringen Spiegeldurchmessers die Zahlen der Ableselatte deutlich zu sehen sind.

Verschiedene Mechaniker des Continents versuchten den Originalapparat zu vereinfachen, ein Bestreben, das anerkannt werden muss, wenn man bedenkt, dass dieses Instrument, dessen Anschaffung seines hohen Preises

¹⁾ Uppenborn, Centralblatt für Elektrotechnik. Band V, Seite 293 u. f.

halber nur gut dotirten Laboratorien möglich war, in vereinfachter Form nunmehr auch weiteren Kreisen,

Fig. 10.



namentlich auch dem praktischen Elektrotechniker, zugänglich wird.

Unter den französischen Fabrikaten ist das von Mascart construirte Elektrometer am verbreitetsten; seine Totalansicht gibt Fig. 10. Auf einem Dreifusse ist ein durchbrochener Metallcylinder aufgebaut, welcher im Innern der Dose, analog dem Thomson-Elektrometer, die Nadel, sowie das Gefäss mit Schwefelsäure enthält und sich nach oben in die Suspensionsröhre fortsetzt. Die Nadel ist bifilar aufgehängt, die untere Entfernung der Drähte ist äusserst gering, da dieselben nur durch die Oese des Platindrahtes gehen. Nach oben divergiren die beiden Fäden; ihr Abstand und mithin die Empfindlichkeit lässt sich durch die obere Schraube nach Belieben ändern, indem sich hierdurch die federnde, zangenförmige Aufhängevorrichtung, respective deren Enden mit den Oesen gegenseitig entfernen oder nähern. Der Platindraht, nach unten verlängert, trägt den Spiegel und taucht mit drei kleinen, querseits eingeschobenen Platindrähten, die zugleich die Dämpfung bewirken, in das Schwefelsäuregefäss.

Drei Quadranten sind fix, während der vierte zum Zwecke der Centrirung beweglich ist. Die Quadranten sind kreuzweise verbunden; von je zweien führt eine wohlisolirte Klemme durch den Deckel nach aussen.

Eine dritte Klemme steht behufs Ladung der Nadel mit dem Schwefelsäuregefässe in Verbindung. Dieselbe hat noch die Eigenthümlichkeit, dass durch eine verschiebbare Messingmuffe die Nadel mit dem Gehäuse verbunden und somit Nadel und Gehäuse zur Erde abgeleitet werden kann.

Die Aufstellung und Centrirung des Apparates, welche, Dank des Drehfusses und der durch eine Schraube

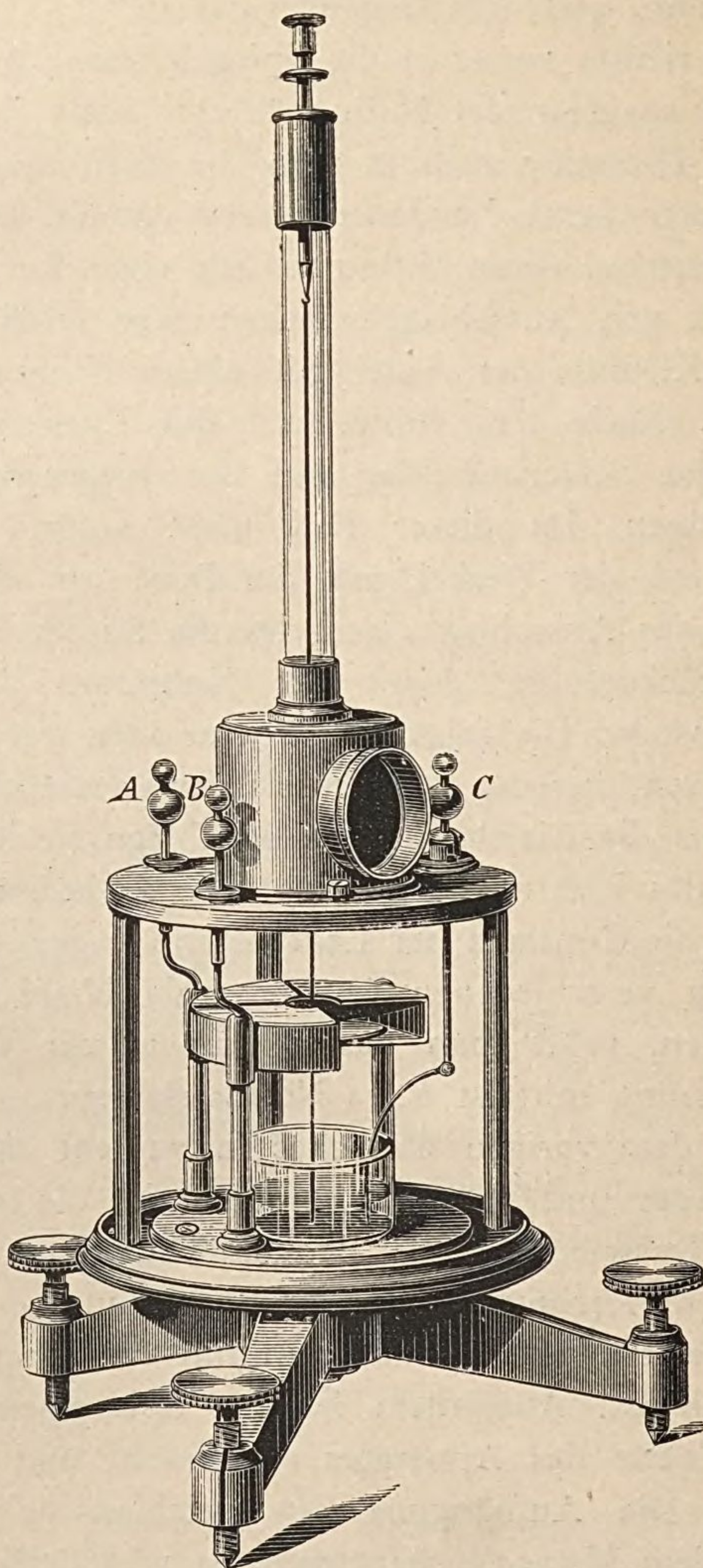
ohne Ende drehbaren Suspensionsröhre, leicht bewirkt werden kann, geschieht folgendermassen:

Man richtet zunächst die Spiegelöffnung gegen das Fernrohr, so dass der Nullpunkt der Scala in diesem erscheint. Hierauf verbindet man die Klemmen, da das Elektrometer keine Leydener-Fasche enthält, mit einer Ladungsbatterie, deren Mitte zur Erde abgeleitet ist, und beobachtet den Ausschlag, welchen man erhält, indem man die Klemme der Nadel mit einem Normalelement verbindet. Nach dem Polwechsel des Elements sollte der gleiche Scalenaufschlag auf der entgegengesetzten Seite erfolgen. Da dieser Fall nicht sofort eintreten dürfte, wird der Deckel mit der Dose um die halbe Differenz des Ausschlages gedreht, die Suspensionsröhre oben zurückgeführt, damit der Nullpunkt der Scala wieder entsteht. Die folgenden Operationen werden auch unter Anwendung des Polwechsels der Ladebatterie fortgesetzt, bis die Gleichheit der Ausschläge erreicht ist.

Da das Elektrometer keine Wage besitzt, so ist man auf die Constanz der Ladebatterie angewiesen; um jedoch zu verschiedenen Zeiten vergleichbare Resultate zu erhalten, prüft man das Instrument vor Vornahme einer Messung mittelst eines Normalelements.

Ein dem vorigen ähnliches Instrument der Firma Dr. Stöhrer und Sohn in Leipzig zeigt die Abbildung Fig. 11. Dasselbe trägt der Bequemlichkeit nur insofern etwas mehr Rechnung, als der Boden und der Deckel durch drei Säulen verbunden, mithin das Innere besser zugänglich ist. Ausserdem ist das Spiegelgehäuse am oberen Theile des Apparates angebracht und allseits drehbar. Die Aufhängung ist gleichfalls bifilar und ähnlich dem Mascart-Elektrometer veränderlich.

Fig. 11.



Die Aufstellung und die Correction vollzieht sich in gleicher Weise wie bei dem vorhergehenden Instrumente.

Den Uebergang von dem Thomson-Dosenelektrometer zu dem später folgenden Edelman'schen Cylinderquadrantenelektrometer bildet das Instrument von Penscy in Berlin. Auf einem Dreifusse ruht die Grundplatte p , auf welcher das Metallgehäuse B aufliegt, das mit einer durch die Schrauben centrirbaren Glasplatte geschlossen ist. Oberhalb der letzteren baut sich das Spiegelgehäuse g mit dem Spiegel und Spiegelfenster g' , sowie der Suspensionsröhre R mit dem Torsionskopfe K auf. Unter der Grundplatte befindet sich in einem Metallcylinder ein Glimmercondensator und ein Gefäss mit Schwefelsäure, welch' letztere durch den Condensator geladen wird.

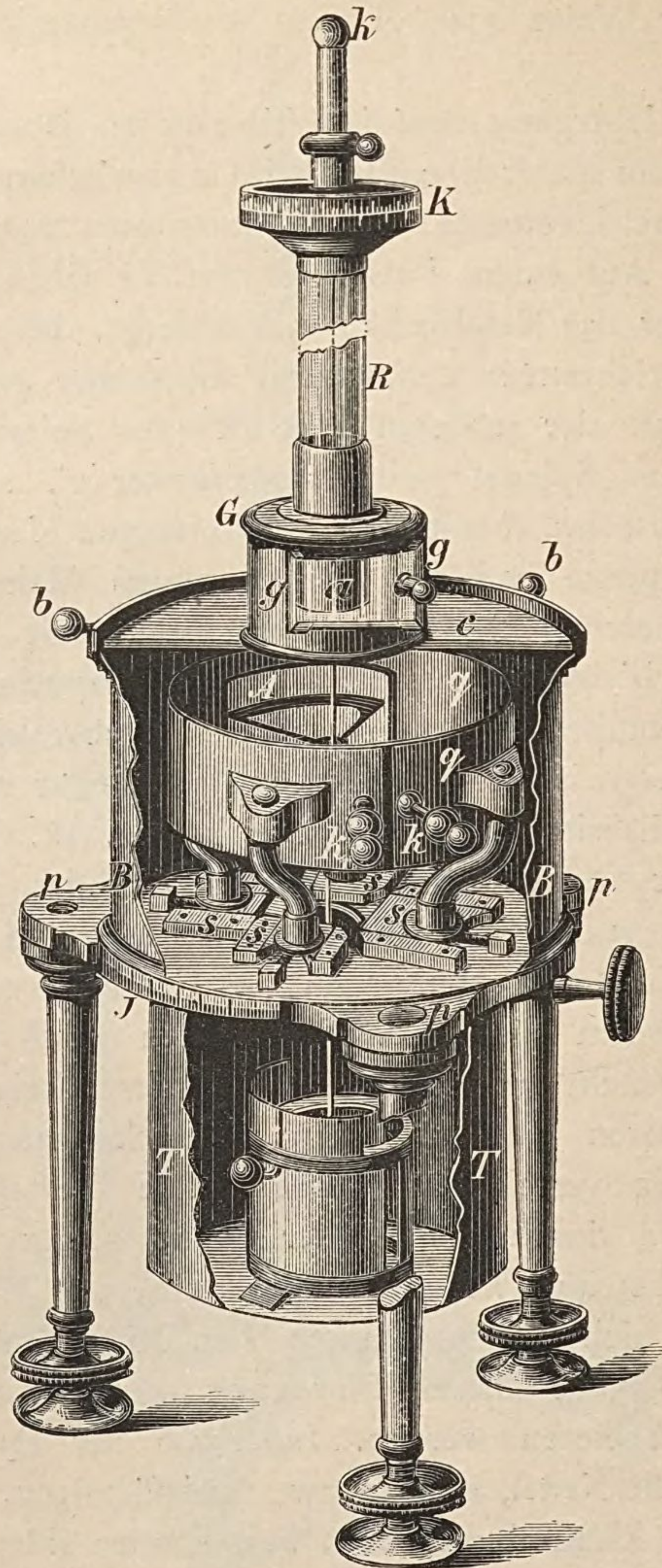
Der Haupttheil des Apparates ist, abweichend von der Thomson'schen Dosenform, als Cylinder construirt, seine Details sind äusserst sinnreich. Fig. 12.

Die cylindrischen Quadrantenabschnitte sind auf Glassäulen gekittet und diese mit Hilfe der Schlitten s und der Kopfschrauben gegen das Centrum verstellbar.

Ausserdem können die Quadranten durch eine Vorrichtung, welche in einer drehbaren vierschlitzen Platte besteht, deren Schlitze einen Schneckengang bilden, gleichmässig verschoben werden. Die Bewegung der Platte wird durch die in der Figur rechts sichtbare Schraube bewirkt. Dreht man im Sinne des Uhrzeigers, so nähern sich die Quadranten dem Mittelpunkt.

Die Grösse dieser Bewegung kann mittelst des Index J abgelesen werden. Innerhalb der Quadranten schwingt die Nadel, ein aus zwei kreisförmigen, 60° ausgreifenden Aluminiumblechen bestehender Körper.

Fig. 12.



Die Drehachse der Nadel bildet ein Platindraht, welcher oberhalb der Nadel den Spiegel trägt und nach unten mit einer Platinfahne verbunden ist, welche aus dem Schwefelsäuregefäße die Ladung aufnimmt.

Die Centrirung und Aufstellung des Instrumentes wird dadurch erleichtert, dass man von oben her durch die Glasplatte hindurch die concentrische Lage der Nadel und der Quadranten ersehen kann. Die feinere Einstellung wird, wie beim vorbeschriebenen Instrumente, mittelst des Polwechsels des Normalelementes erzielt.

Ein weiterer Vorthail dieses Apparates liegt auch darin, dass man, wenn der Condensator an Ladung abgenommen hat, durch Bewegung der Quadranten-correctionsschraube den gleichen Ausschlag für ein Normalelement bewirken könnte, wie mit dem stärker geladenen Condensator, dass also Messungen verschiedener Zeiten direct aufeinander bezogen werden können.

Man wird jedoch zur Schonung der Correctionsbewegung selten zu dieser Beobachtungsart Zuflucht nehmen.

Das Cylinderquadranten-Elektrometer von M. Th. Edelman hat, wie das vorbeschriebene, als Haupttheil einen viertheiligen Cylinder, in welchem die länglich geformte, gleichfalls aus Cylinderabschnitten bestehende Nadel schwingt. Ferner unterscheidet sich dieses Elektrometer auch durch die Art der Aufhängung, welche, wie bei dem ersten Thomson-Elektrometer unifilar ist. Die Richtung der Nadel wird durch die Richtkraft eines drehbar daran befestigten kleinen Magneten gegeben.

Der Aufbau des Instrumentes, welches in Fig. 13 in der Gesamtansicht abgebildet ist, ergibt sich wie folgt:

Auf einer Zinkconsole steht mittelst dreier Corrections-schrauben ein Ring, in welchem sich die darin gleitende Messingplatte M dreht und durch Muttern, die an dem oberen Theile der Correctionsschrauben aufgesetzt sind, fixirt werden kann.

Auf dieser Messingplatte baut sich nach oben das Spiegelgehäuse mit dem Suspensionsrohre und dem Torsions- und Centrirkopfe f auf. Der Centrirkopf wird bei Gelegenheit der Galvanometer beschrieben werden.

Nach unten schliessen sich an die Platte das Cylindergehäuse g , nach oben und unten durch Hartgummiringe (S) isolirt, sowie das Glasgefäss mit Schwefelsäure T an. Diesen unteren Theil deckt ein Glassturz, der mittelst Bajonettverschlusses an der Messingplatte befestigt ist.

Die Quadranten sind durch gut isolirte Drähte mit den Klemmen verbunden, die eine abgerundete Form zeigen.

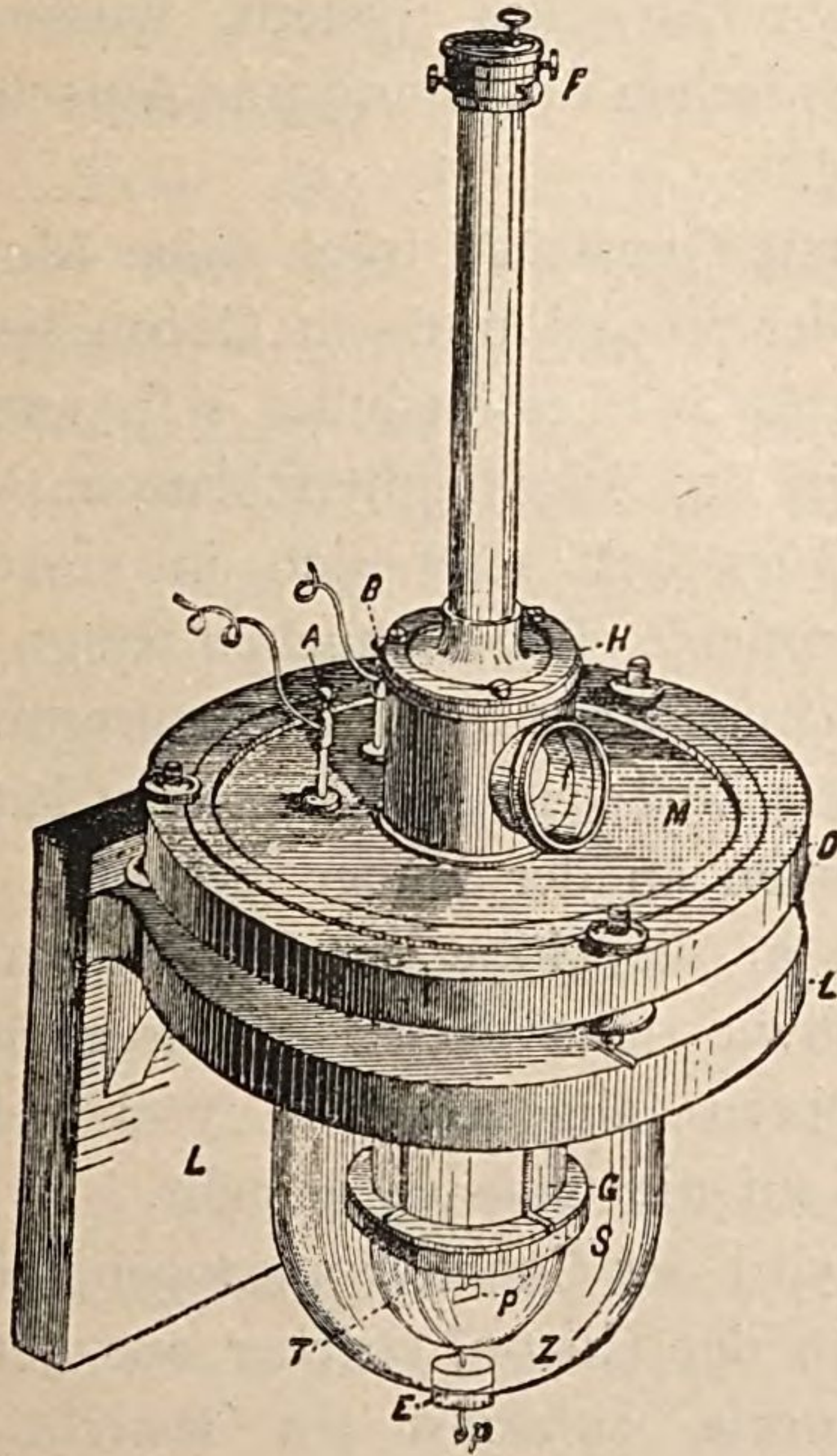
Die Ladung der Nadel geschieht durch den Draht p , der den Gummistöpsel E durchsetzt und in die Fassung des Schwefelsäuregefässes übergeht, von dort durch einen abwärts gehenden Platindraht zur Säure führt.

Der Vorzug dieses Instrumentes liegt in der hohen Einfachheit und Uebersichtlichkeit der Theile, in der bequemen Aufstellungsweise und hauptsächlich in der Leichtigkeit der exacten Herstellung der Quadranten. Die Anfertigung der Dose beim Thomson-Instrument bietet, wie erwähnt, mannigfache Schwierigkeiten. Die Quadranten hingegen bestehen aus einem genau ausgedrehten Messingcylinder, an welchem oben und unten die Hartgummiringe angeschraubt sind.

Nach dem Zerschneiden oder Zerfräisen des Cylinders in vier Theile, einer Operation, die sich mit völliger

Genauigkeit auf einer guten Drehbank vollziehen lässt, werden die Kanten abgerundet, der Cylinder wieder zusammengesetzt und nun mit Hilfe eines aufgeschnittenen Schleifkolbens aus Lindenholz ausgeschliffen. Es ist einleuchtend, dass hierdurch eine hohe Genauigkeit der

Fig 13.



cylindrischen Form ermöglicht wird, ausserdem lässt sich durch Verwendung eines mit Leder überzogenen Schleifkolbens unter Benützung von „Englisch-Roth“ eine äusserst hohe Politur erzeugen. Die Herstellung der Nadel in den neueren Instrumenten bietet gleichfalls Garantie, dass die Cylinderform möglichst annähernd erreicht wird.

Ein oberes und unteres doppelsegmentförmiges Querstück verbindet zwei Aluminiumbleche. Der Kreisbogen, der die Querstücke einschliesst, ist etwas kleiner, als der der Quadranten, die Bleche legen sich völlig exact an diese Bogen an. Wird nun die Nadel centrisch in die Quadranten eingesenkt, so ergibt sich hieraus ein vollständig symmetrisches System, wodurch die Proportionalität zwischen Spannung und Ausschlag möglichst gesichert wird.

Das oberste Querstück trägt einen Aluminiumdraht, an welchem der Spiegel und ein Cocon befestigt ist. In der Mitte dieses Stückes befindet sich auch der kleine Magnet, der in der Schwingungsebene zu verdrehen ist. Das untere Querstück setzt sich in einen Platindraht, der das dämpfende Platinfähnchen trägt, fort. Edelmann giebt einige Regeln für die Aufstellung¹⁾ des Instrumentes. Das Zinkconsol wird mittelst Holzdübeln und Messingschrauben an der Mauer befestigt, so dass das Spiegelfenster in die Höhe des Fernrohres kommt, der Glassturz, sowie das Schwefelsäuregefäss und die Suspensionsröhren abgenommen und der Rest des Instrumentes auf die Console gestellt.

Hierauf wird der Cocon eingezogen, die Röhre aufgesetzt und an den Cocon, welcher aus den Quadranten hervorragen muss, zunächst ein Gewicht von gleicher Grösse, wie das der Nadel sammt Spiegel ist, gehängt, damit der Faden sich strecken und austordiren kann. Der Spiegel wird nun in die Mitte des einen Nadel-

¹ Ausführlich in Edelmann's „Neuere Apparate für naturwissenschaftliche Schule und Forschung“, Seite 151 u. f. Die Ausführung gilt für die ältere Form der Nadel, weshalb in Obigem einige Abweichungen vom Originale.

bleches gedreht, der kleine Magn in eine Richtung gebracht, in welcher die Mitte des Bleches durch den Schnitt zweier Quadranten geht und alsdann der Cocon aufgezogen.

Der Spiegel muss nun parallel mit dem Fenster und senkrecht auf die Fernrohraxe eintreten, im anderen Falle muss derselbe gegen die Quadranten verdreht werden; ausserdem muss aber die Nadel eine solche Lage besitzen, dass die mittlere Erzeugende der Nadelbleche der Mitte der zwischen den Quadranten bestehenden Spalten gegenübersteht.

Die centrische Lage der Nadel erreicht man durch das Manipuliren mit den Hauptcentrirschrauben und mit den drei Schraubchen am Centrirkopfe, die Mittellage der Nadel zu den Quadrantenschnitten durch Drehen des kleinen Magneten.

In der Folge wird das Gefäss für die Schwefelsäure recht trocken abgerieben und die Säure, wie beim Thomson-Elektrometer beschrieben, präparirt, vorsichtig eingegossen.

Die Säure in den Gläschen muss mindestens so hoch stehen, dass das Fähnchen vollständig untertaucht.

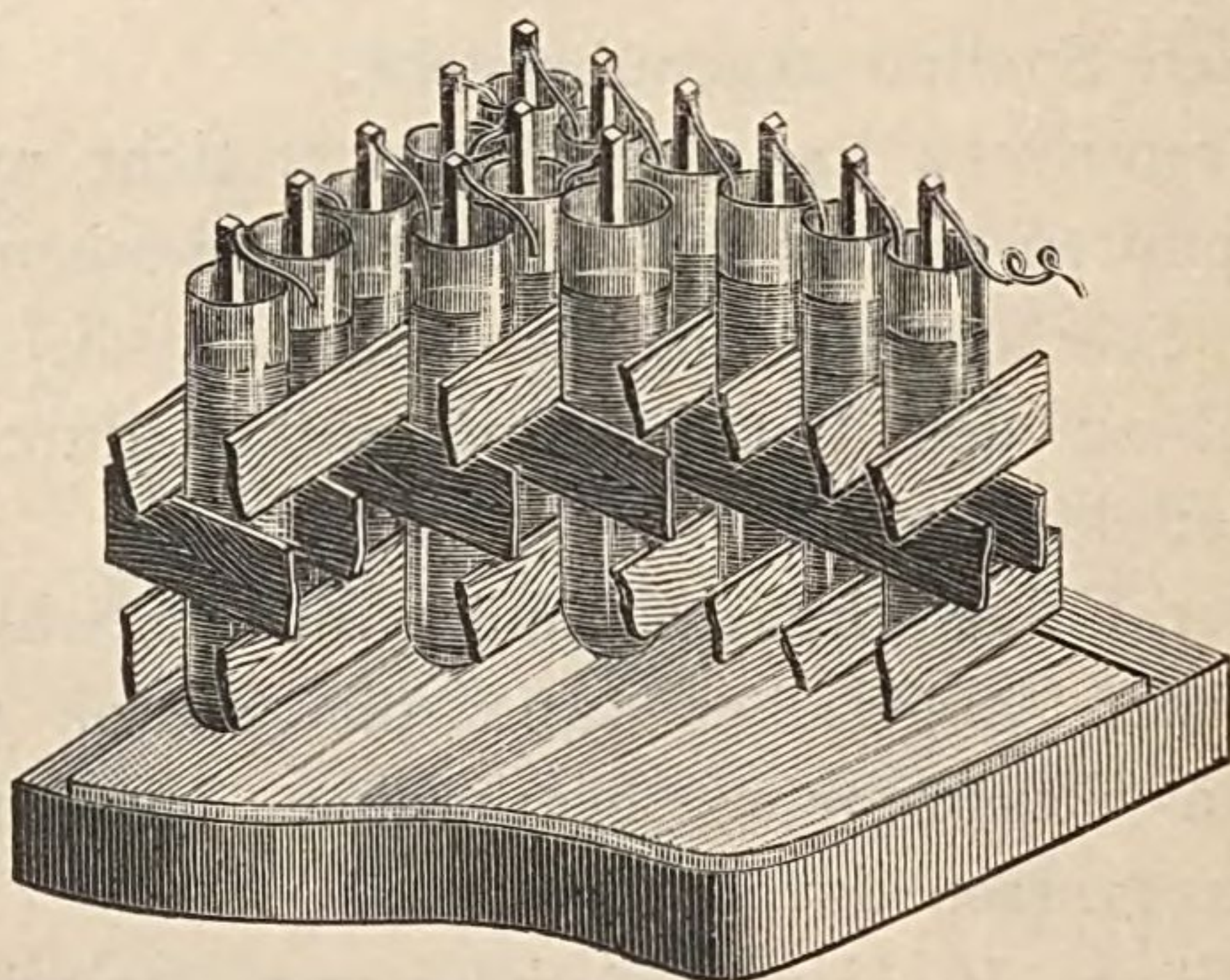
Die Aufstellung des Ablesefernrohres ist in dem betreffenden Capitel beschrieben, kann also hier übergangen werden.

In dem auf vorhergehender Seite angezogenen Werke empfiehlt Dr. Edelman das Laden der Nadel mittelst einer Zamboni'schen Säule, scheint aber davon abgekommen zu sein, indem er nunmehr eine Ladungssäule, bestehend aus 200 Zinkkupferstreifen, im Wasser stehend, verwendet. Fig. 14 zeigt einen Theil dieser Ladungsbatterie. 200 Reagensgläser sind auf eine Glas-

platte gestellt und gegenseitig durch kreuzweise zwischengelegte Streifen von Glas getrennt und isolirt. Die Streifen sind durch Säulen an den Ecken der Platte befestigt. Die Correction und vollständige Aufstellung ist wie bei dem vorbeschriebenen Instrumente.

In neuester Zeit wird eine von dem nunmehr verstorbenen Dr. v. Beetz angegebene feuchte Batterie zum Laden der Elektrometer empfohlen.

Fig. 14.



Dr. v. Beetz beschrieb die Elemente in den Sitzungsberichten der bayer. Akademie der Wissenschaften, Band XV, 1885, ausführlich. Hier mag nur die von ihm zuletzt empfohlene Form, sowie die Anfertigung der trockenen Elemente Erwähnung finden.

Ein Glasrohr von 10 Centimeter Länge, 1—2 Centimeter Durchmesser wird im mittleren Theile auf eine Länge von 5 Centimeter mit Wassergyps ausgegossen. Alsdann wird die eine Seite der Röhre mit einer Mischung von Gyps in heisser, concentrirter Zinkvitriollösung, die andere Seite mit einer Mischung von Gyps und con-

centrirter Kupfervitriollösung bis auf einen Abstand von einem Centimeter von dem zugehörigen Rohrende gefüllt.

In die Kupfervitriollösung wird ein möglichst reiner Kupferdraht, in die Zinkvitriollösung ein bis auf einige Millimeter vom Ende mit Schellack überzogener, gut verquickter Zinkdraht gesteckt. Der freie Raum an den Enden wird mit Paraffin ausgegossen. Die Röhren werden zwischen zwei mit Paraffin bedeckten Holzleisten zu je zehn oder zwanzig eingeklemmt, diese Leisten parallel in einen Rahmen eingeschoben, und die Enddrähte durch Klemmen verbunden. Dr. v. Beetz giebt an, dass derartig hergestellte Säulen, bei welchen mechanische Einwirkungen, als das Lockerwerden der Drähte in dem Eingusse u. dgl., unmöglich sind, keine Veränderungen der Spannung zeigen und leicht transportfähig sind. Die elektromotorische Kraft eines Elementes ist annähernd 1.06 Volt, der innere Widerstand je nach Länge und Temperatur rund 200.000 Ohms.

In der gleichen Abhandlung giebt v. Beetz ein ähnliches Element an, das den Vorzug höherer elektromotorischer Kraft hat, also in Fällen vorzuziehen ist, bei welchen höhere Spannung bei geringerer Elementenzahl, d. i. bei transportablen Batterien, gewünscht wird.

Die eine Seite, nämlich die Seite des Zinkdrahtes, wird, wie beim vorbeschriebenen Elemente, präparirt; die andere Hälfte erhält eine Füllung von Gypsbrei mit einer in der Siedehitze übersättigten Silbernitratlösung. Die elektromotorische Kraft fand v. Beetz $= 1.52$ Volt; dieselbe soll sich längere Zeit constant erweisen.

Man wird diese Elemente schon ihrer Construction nach nur auf Spannungslieferung beanspruchen, höchstens

zur Ladung von Condensatoren verwenden. Zur vollständigen Ladung eines Condensators von einem Mikrofarad ist aber immerhin die beträchtlich lange Zeit von 6 bis 7 Secunden nothwendig. —

Man ladet die Nadel entweder durch den einen Pol der Zamboni'schen Säule oder mit der Ladungsbatterie, verbindet ein Sectorenpaar mit der Erde, das andere mit den Polen eines Normalelementes und beobachtet unter Umtauschung der Pole die Ausschläge. Bei vollständiger symmetrischer Stellung der Nadel müssen die beiden Ausschläge natürlich gleiche Grösse haben, im anderen Falle ist mit Hilfe der Centrirschrauben und unter Drehen der Grundplatte nachzuhelfen.

Der Ausschlag eines Daniell-Elements beträgt 60 bis 100 Millimeter bei 2 Meter Scalenabstand einseitig.

Ich kann mir an dieser Stelle nicht versagen, bei Betrachtung der Thomson'schen Vorrichtung die Nadelladung constant zu erhalten, und bei der seiner Nachfolger einige Vorschläge zu machen.

Bei dem Thomson-Instrumente hat man, sofern das Elektrometer in Ordnung gehalten ist und sofern man die Wage einspielen lässt, ohneweiters eine Controle der Constanz des Normalelementes, eventuell aus dem Ausschlage die elektromotorische Kraft eines Versuchselementes.

Bei dem Mascart-Elektrometer, sowie den in der Folge beschriebenen, ohne Leydener Flasche und Replenisher, ist stets ein Vorversuch mit einem guten Normalelemente zu machen, da man sich auf die Constanz der Ladungssäulen wohl nie ganz verlassen kann.

Ich glaube, ohne die Idee der unbequemen, am Apparat angebrachten Wage einerseits, noch der Ver-

wendung der Ladungssäulen andererseits, einer Kritik unterziehen zu dürfen, doch allen Mechanikern, die sich mit Anfertigung von Elektrometern befassen, den Rath geben zu sollen, nach dem Vorgange von Mercadier Replenisher und Wage anzuwenden, diese beiden gänzlich von den Elektrometern zu trennen und an Seite des Ablesefernrohres aufzustellen. Die Petroleumlampe, die Mercadier zu Hilfe nimmt, und welche diese Anordnung vermittelt, lässt sich ja vermeiden; gegenwärtig ist ein kleiner derartiger Apparat, der Replenisher nach Mercadier und die Wage nach Thomson, in ein Kästchen eingeschlossen, das mit der Zinkconsole des Ablesewandfernrohres zu verschrauben ist, in dem mechanischen Institute von F. Reiner in München für mich in Arbeit.

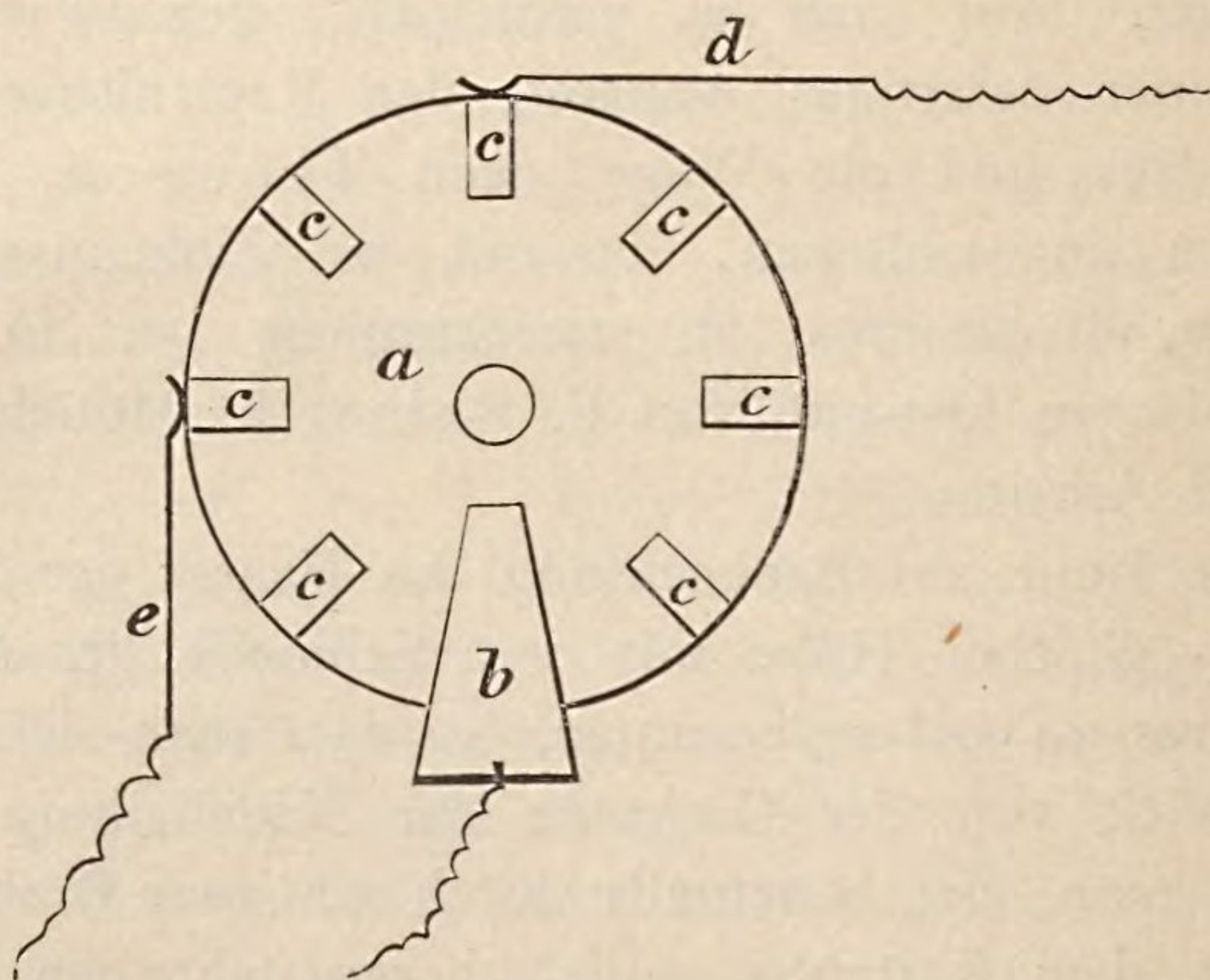
Die Lupe zur Beobachtung des Haares der Waage wird in gleicher Höhe mit dem Sehloche des Ablesefernrohres zu stehen kommen, so dass man sich jeden Augenblick von der Constanz der Nadelladung überzeugen kann, gegebenenfalls durch ein paar Drehungen des aus dem Kästchen seitlich hervorstehenden Replenisherwirbels die Ladung wieder ergänzen kann.

Einige Zeilen werden genügen, den Replenisher nach Mercadier, der von dem Thomson'schen abweicht, zu skizziren; Fig. 15.

Eine kleine drehbare Doppelscheibe aus Hartgummi *a* wird durch ein Reibzeug *b* elektrisch erregt, theilt durch Influenz die Elektricität den innen aufgeklebten Stanniolstreifen *c c* etc. mit, welche ihrerseits die Ladung weiter in die Feder *d* abliefern; letztere steht mit der Leydener Flasche und in Folge dessen mit der Nadel in Verbindung; die Ladung der Nadel wird sich durch diese

Drehung vermehren. Dreht man aber die Scheibe im entgegengesetzten Sinne, so werden die elektrisirten Streifen *c c* ihre Ladung an die Feder *e* abgeben, welche mit der Erde verbunden ist; von dieser Seite kann also keine Ladung zur Feder *d* gelangen, andererseits werden die Sektoren aber durch die Feder aus der Leydener Flasche geladen und geben die Ladung an das

Fig. 15.



Reibzeug ab, es wird hiermit die Ladung der Nadel vermindert.

In der praktischen Ausführung dürften die Stanniolstreifen durch eingelassene Messingbleche zu ersetzen sein.

Ich bemerke noch, dass mehrere französische Firmen die Trennung der Wage und des Wiederherstellers von dem Elektrometer durchgeführt haben und diese beiden Apparate als Einzelinstrumente getrennt montiren, allein erst durch Anbringung derselben an dem Fernrohre möchte den Ansprüchen der Praktiker Genüge geleistet werden.

Die absoluten Elektrometer.

Das absolute Elektrometer ist von W. Thomson construirt und hat in dieser Construction in England vielfache Verbreitung, während dasselbe in Deutschland und Frankreich, wahrscheinlich auch des hohen Preises halber, noch keinen allgemeinen Eingang in die elektrotechnischen Laboratorien gefunden hat. Immerhin ist die Besprechung dieses Apparates der Vollständigkeit halber nothwendig; auch bezweifle ich nicht, dass derselbe später vielleicht in vereinfachter Construction auch in den Laboratorien des Continentes grössere Verbreitung finden wird.

Das absolute Elektrometer, so wie es von der Firma White in Glasgow ausgeführt wird, ist in folgender Weise gebaut; Fig. 16.

Auf einem in die Höhe strebenden Dreifusse mit starker Messinggrundplatte ist ein Glascylinder aus bestisolirendem Glase im Durchmesser von circa 28 Centimeter aufgesetzt. Der Glascylinder wird mit einem Messingdeckel als Träger der Haupttheile des Instrumentes geschlossen. An demselben ist die Wage, welche

schon bei dem Thomson'schen Quadrantenelektrometer beschrieben wurde, sowie der Replenisherwirbel und ausserdem in der Mitte der getheilte Kopf einer feinen nach abwärts gehenden Mikrometerschraube sichtbar.

Am unteren Theile des Deckels ist der Replenisher befestigt, sowie an drei Glassäulen eine stärkere allseitig wohlisolirte Metallplatte, deren Centrum mit einem circa 46 Millimeter Durchmesser haltendem Loche durchbrochen ist. In diesem Loche spielt mit ganz geringem Ränderabstande eine Aluminiumplatte mit aufgeworfenem, abgerundetem Rande und eingelötheten Radialversteifungen. In der Mitte der Platte sind drei radial nach aussen gehende, dünne Uhrfedern angenietet, welche eine Länge von circa 6 Centimeter haben und an den Endpunkten mit drei den vorerwähnten gleichen Federn, die gegen das Centrum zurückführen, verbunden sind.

Diese oberen Federn werden durch ein kleines dreitheiliges Strahlstück getragen, und dieses ist unter Vermittlung einer Glasstange mit dem Führungsschlitten der früher genannten Mikrometerschraube vereinigt. An dem Führungsschlitten ist eine Theilung aufgetragen, gegen welche ein Nonius anliegt. Die Beobachtung der Theilung geschieht von aussen durch das Glas hindurch mit Hilfe einer Linse. In gleicher Weise wird die Einstellung der kleinen Platte von aussen durch Linsen, deren eine sich vor dem Glase befindet, die zweite auf der Schutzplatte befestigt ist, abgelesen.

Nebensächlichere Theile der oberen Abtheilung sind einige Schräubchen zur Herstellung leitender elektrischer Verbindungen, drei Kopfschrauben zum Befestigen des Deckels an der Cylinderfassung, sowie zwei Halbdeckel, welche über die kleine Platte und die Federn geschoben

werden, zum Schutze dieser Theile gegen anderweitige elektrische Einflüsse, und endlich die Inductionsplatte, welche zur Einwirkung auf die Wage bestimmt ist.

Unter der Schutz- und der kleinen beweglichen Platte ist der zweite Haupttheil des Instrumentes, die grosse bewegliche Platte angebracht. Sie kann in verticaler Richtung auf und ab bewegt werden, und hierzu dient eine Schraube mit Schlittenführung, welch' letztere an einem starken gegossenen, auf der Grundplatte aufstehendem Träger montirt ist. Der Schraubenhals ist nach abwärts verlängert, durchsetzt die Grundplatte und endigt hier in einem randerirten Kopfe; die Bewegungen der Schraube, mithin der Platte, werden mit diesem randerirten Kopfe vollzogen.

Die Grössen der Bewegungen sind mittelst Nonius, sowie an einer Trommel mit Stirntheilung abzulesen. Zur Ladung der beweglichen Platte dient ein auf einer Glassäule befestigter Metallstab, mit der Platte durch eine Spiralfeder verbunden, der isolirt aus der Grundplatte des Dreifusses heraustritt.

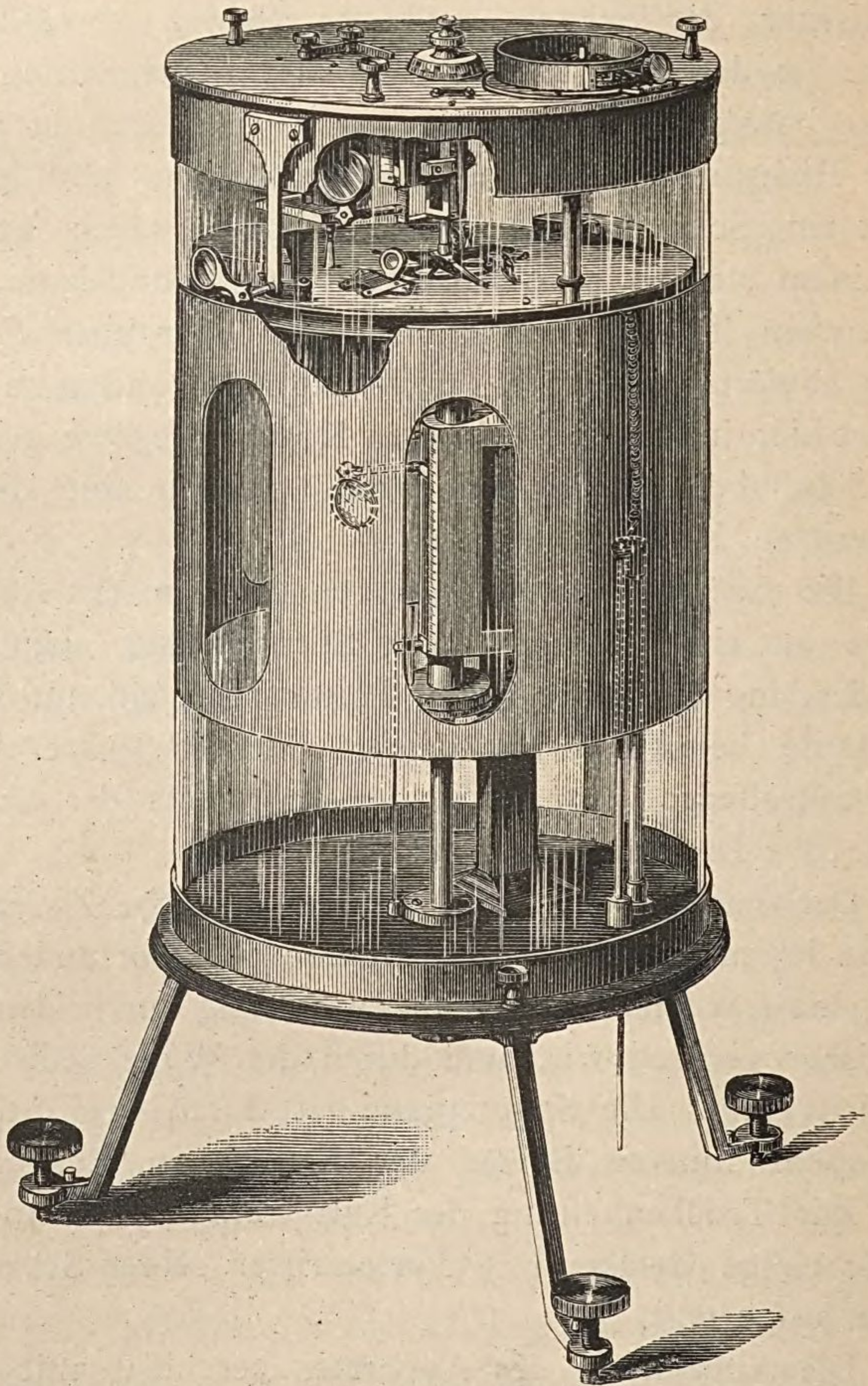
Der Glascylinder ist bis auf vier längliche Zwischenräume innen und aussen mit Stanniol beklebt und bildet also eine Leydener Flasche, deren Ladung durch den Replenisher geregelt wird und durch die Wage beobachtet werden kann. Die Schutzplatte ist durch drei Ansätze mit dem inneren Belege der Flasche in Berührung.

Zur Trockenhaltung der Luft werden in dem Cylinder einige Gefässe mit concentrirter reiner Schwefelsäure aufgestellt.

Die Aufstellung des Apparates geschieht mit Hilfe einer Dosenlibelle und unter Benützung der drei Stellschrauben.

Vorher sind sowohl Glaszylinder als auch die Platten von jedem Stäubchen zu reinigen, auch ist der Apparat

Fig. 16.



möglichst getrocknet zusammenzusetzen. Als vorbereitende Arbeit hat man die Durchbiegung der Federn

mittelst kleiner Gewichte, bzw. die Werthe der Schraubenumgänge der oberen Mikrometerschraube zu bestimmen, sofern diese Daten dem Instrumente nicht vom Mechaniker ausführlich beigegeben sind.

Der Apparat ist hauptsächlich vor Verstaubung zu bewahren und demgemäss für die Zeit der Nichtverwendung mit einem Pappendeckelkasten zu umgeben oder mit Schutzdecken einzuhüllen.

Ausser dem vorbeschriebenen absoluten Elektrometer mit Federausgleich hat W. Thomson ein derartiges Instrument angegeben, bei welchem die kleine bewegliche Platte durch ein Gegengewicht getragen wird, eine Idee, welche der genannte Physiker theilweise auch bei seinem transportablen absoluten Elektrometer, sowie bei dem für hohe Spannungen verwendet.

Das erstgenannte Instrument mag, da es kein Laboratoriuminstrument im Sinne des Wortes ist, nur in Kürze behandelt werden.

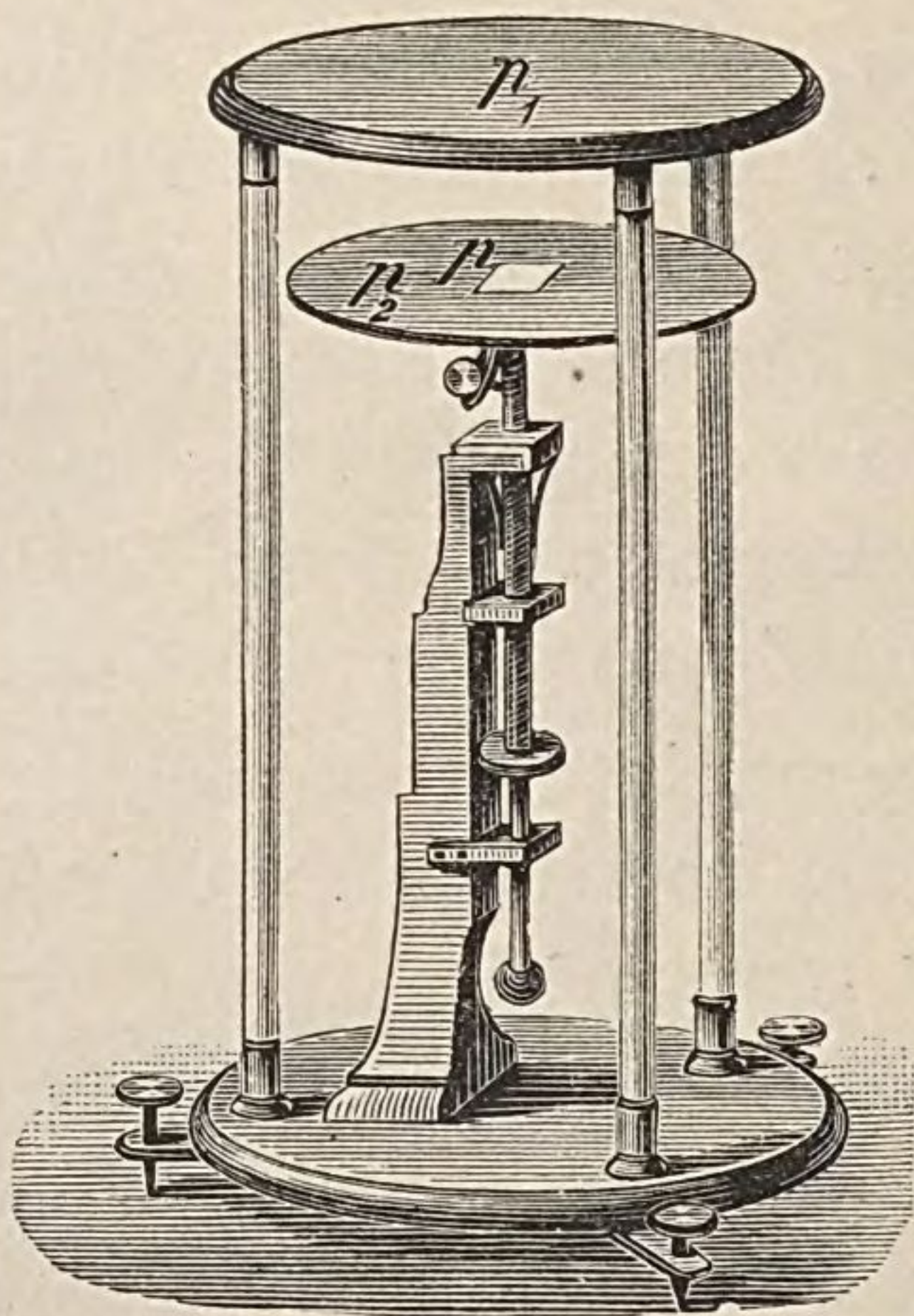
In einem mässig grossen, als Leydener Flasche montirten Glasgefässe von 12 Centimeter Höhe und 9 Centimeter Durchmesser befindet sich nahe dem Boden die wohlbekannte Wage, deren Spiel durch eine Linse beobachtet werden kann.

Die Wage, vielmehr deren beweglicher Körper, das kleine spatelförmige Aluminiumplättchen, wird durch eine obere grössere, durch eine Mikrometerschraube zu hebende und zu senkende Platte beeinflusst. Da bei einem transportablen Instrumente die Verwendung von Schwefelsäure behufs Austrocknens des Innenraumes unthunlich wäre, so wird dieser Zweck durch einen sehr schwach mit dieser Säure getränkten, eingelegten Bimsstein erreicht.

Die Angaben des Instrumentes sind auf diejenigen eines absoluten Elektrometers zurückgeführt, d. h. der Apparat muss mit Hilfe eines absoluten Thomson-Elektrometers geaicht werden.

Beide vorbeschriebene Elektrometer sind für mittlere Spannungen bis zu mässiger Grösse construirt; für Messungen von Spannungsdifferenzen an den Conductoren

Fig. 17.



von Elektrisirmaschinen, Inductoren etc. wären diese Apparate unbrauchbar.

Für derartige Messungen giebt W. Thomson eine Modification seiner Wage an, welche als Elektrometer für hohe Spannungen bezeichnet wird und für Maschinen bis zu 30 Centimeter Funkenschlagweite benützt werden kann.

Da bei elektromotorischen Kräften, welche derartigen Schlagweiten gleichkommen, Einflüsse der Luftströmungen u. dgl. ohne Belang sind, so wird das

Elektrometer nicht in einem Glasgefäße eingeschlossen, sondern zeigt sich in sehr einfacher Weise in folgendem Aufbaue:

Eine Grundplatte mit Stellschrauben trägt drei möglichst isolirende Glassäulen, welche die Träger einer allseitig abgerundeten, ziemlich dicken Messingplatte p_1 sind. Unterhalb dieser fixen Platte befindet sich die etwas kleinere bewegliche Platte p_2 , in deren Centrum ein Viereck ausgearbeitet ist zur Aufnahme des Aluminiumfährchens p der Wage.

Die Endgabel des Aluminiumhebels trägt, wie bekannt, ein Dachhaar, dessen Stellung zwischen den Marken durch eine Linse beobachtet wird. Die Platte sammt Wage lässt sich durch eine Schraube in verticaler Richtung verschieben.

Die obere Platte wird mit dem zu messenden Körper, die untere mit dem Boden verbunden.

Bedeutet: V das Potential des Körpers,

D den Abstand der Platten,

F die Kraft, bzw. das Gewicht zum Einstellen des kleinen Aluminiumhebels,

S den Umfang der beweglichen kleinen Platte, so ist beim Einspielen des Haares

$$V = D \sqrt{\frac{8 \pi F}{S}}$$

Neben den Thomson'schen Instrumenten verdient ein neueres, absolutes Sinuselektrometer von Professor Minchin, ausgeführt vom Mechaniker Groves in London, nähere Beschreibung.

Die Construction stützt sich auf das schon von August verwendete Princip der Pouillet'schen Sinusboussole.

Auf einer senkrechten mit Stellschrauben versehenen Grundplatte sind zwei an den oberen Enden verbundene Säulen eingelassen. Diese Querverbindung bildet das Gelenke für den an demselben nach abwärts hängenden Apparat, der von aussen einem verrippten viereckigen Kasten gleicht.

Die in dem Kastengehäuse eingeschlossenen Haupttheile sind zwei viereckige Messingplatten von circa 29 Centimeter Seitenlänge, welche durch Hartgummischrauben zusammengehalten werden, fixirt durch elfenbeinerne Präcisionsstifte und getrennt durch Glimmerplättchen von einem halben Millimeter Dicke. Die eine der Platten ist durch ein viereckiges Fenster von 4 Centimeter Seitenlänge durchbrochen. Diese Oeffnung wird durch ein Aluminiumplättchen mit versteiften Rändern, das an feinsten Platindrähtchen aufgehängt ist, mit äusserst geringem, gegenseitigem Ränderabstande geschlossen. Man erkennt an dieser Construction unschwer den Schutzring und die kleine bewegliche Platte des Thomson-Absoluten-Elektrometers in verticaler Anordnung.

Der Innenraum wird durch Vermittlung von Gummischläuchen, welche mit einem Behälter mit Schwefelsäure in Verbindung stehen, in bekannter Weise trocken gehalten.

Der letzte wesentliche Bestandtheil des Apparates wird durch eine äusserst feine Mikrometerschraube, die auf eine Verlängerung des Kastens einwirkt, gebildet. Die Trommel derselben ist in 1000 Theile getheilt, erlaubt somit eine geringe Neigung des Apparates und eine möglichst genaue Ablesung derselben.

Im neutralen Zustande der beiden Platten ruht die freibewegliche kleine Mittelplatte auf vier feinen Pünktchen, durch Schraubenenden gebildet, auf.

Die Messungen mit dem Instrumente vollziehen sich in folgender Weise: Man verbindet den positiven Pol der zu messenden Batterie mit der Schutzplatte und dem elektrisch damit in Berührung stehenden beweglichen Plättchen.

Man dreht alsdann die Mikrometerschraube, bis dasselbe sich eben von den Ruhepunkten abhebt, und beobachtet diesen Vorgang mittelst eines kleinen an der Kastenvorderfläche befestigten Mikroskopes. Hierauf stellt man eine zweite Messung mit vermehrter oder verminderter Elementenzahl an.

Sei hierbei E die elektromotorische Kraft in absolutem Maasse;

m die Zahl der Elemente der ersten Messung,

n jene bei der zweiten Messung,

k eine Constante,

$\triangle$ die Differenz der beiden Winkel, bezogen auf die Verticale und gemessen durch die Schraubenganghöhe, so ist:

$$E^2 (m^2 - n^2) = k \triangle$$

Das Elektrometer gestattet, Spannungen von einem Daniell aufwärts bis 180 Volt zu messen.

Zur zeitweisen vergleichenden Ladung der Platten empfiehlt Professor Minchin kleine Minotto-Elemente in viereckigen Glasgefäßen von circa 4 Centimeter Seitenlänge und 9 bis 10 Centimeter Höhe.

Am Boden derselben befindet sich eine mit Kupfervitriol bedeckte Kupferplatte; auf den Vitriolkrystallen eine Schichte Sägespäne und auf diesen eine genügend

schwere Zinkplatte. Die Elemente nehmen wenig Raum in Anspruch und geben für den vorliegenden Zweck hinreichend constante Spannung.

Abweichend von den vorbeschriebenen Instrumenten sind die Capillarelektrometer construirt, deren praktische Einführung man Lippmann verdankt. Unter den vielen mehr oder minder gelungenen Varianten des Lippmann'schen Capillarelektrometers verdient die von der Firma Bréguet ausgeführte Form dieses Instrumentes Beachtung.

Eine senkrechte Glasröhre von annähernd 1 Meter Höhe und 7 Millimeter Durchmesser ist an dem unteren Theile in einer Länge von einigen Centimetern zur Capillarröhre ausgezogen.

Diese Capillare haben einen Durchmesser von einigen Tausendsteln eines Millimeters.

Die Röhre ist an einem Holz- oder Eisenstabe in lothrechter Richtung befestigt. Das Capillarrohr taucht in ein kleines Gefäss, das mit verdünnter Schwefelsäure und mit Quecksilber gefüllt ist. Das Mischungsverhältniss der Säure ist ungefähr 12 bis 16 Procent zu Wasser. In das kleine Gefäss sowohl, als in die Röhre ist ein Platindraht behufs Zuführung des Stromes eingeschmolzen.

Der obere Theil der Röhre steht durch einen Gummischlauch mit einem Blasbalge in Verbindung, ein zweiter Schlauch, gleichfalls von dem Blasbalge ausgehend, führt zu einem doppelschenkeligen Manometer. Der Balg kann durch eine am Fussbrette des Apparates befestigte Mikrometerschraube zusammengedrückt werden.

Auf dem gleichen Fussbrette befindet sich ein Mikroskop von circa zweihundertfünfzigmaliger Vergrösserung.

Das Mikroskop ist mit einem Fadenkreuze versehen, besser noch mit einem Ocularmikrometer, einer feingetheilten Glasplatte. Es ruht auf drei Stellschrauben, deren eine in einem Conus sitzt, die beiden anderen aber in einem Schlitze und in einer ebenen Platte Aufstellung finden.

Eine kleine Spirale aus Federdraht sichert den Stand des Mikroskops vor zufälligen äusseren Einwirkungen.

Feineren Capillarelektrometern ist ein Mikroskop mit verticaler Höhenverschiebung beigegeben.

Die Aufstellung dieses und ähnlicher Capillarelektrometer, sowie deren Justirung vollzieht sich in folgender Art:

Man stellt die Glasröhre mittelst einer Libelle vertical, füllt dieselbe mit reinstem Quecksilber, desgleichen das kleine Glas, sowie dieses mit Schwefelsäure von angegebenem Mischungsverhältnisse. Vor Anstellung einer Messung, besonders bei einem schon länger gefüllten Instrumente wird nun mittelst des Blasbalges das Quecksilber durch das Capillarrohr in ganz geringer Menge ausgetrieben, die Blasbalgschraube nachgelassen und der nunmehr reine Quecksilbermeniskus in das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht. Hierbei ist zu bemerken, dass die Niveauhöhen der Manometerschenkel in gleicher Horizontale liegen müssen. Bei diesen Arbeiten sind die beiden eingeschmolzenen Drähte, oder die zugehörigen Klemmschrauben leitend zu verbinden, damit sich die durch die Bewegung des Quecksilbers im Contacte mit der Schwefelsäure auftretenden Ströme ausgleichen können.

Ist das Ende des Quecksilbers in das Gesichtsfeld des Mikroskops gebracht, so wird das Fadenkreuz oder

ein mittlerer Theilstrich des Mikrometeroculars auf dasselbe tangierend eingestellt, hierauf die leitende Klemmenverbindung aufgehoben, und an dessen Stelle das zu prüfende, einzelne Element gebracht.

Wenn der negative Pol der Stromquelle mit dem Platindrahte der Röhre in Verbindung steht, der positive mit dem des kleinen Gefässes, so wird eine Verschiebung des Quecksilbers im Capillarrohre nach aufwärts stattfinden. Durch Benützung der Schraube, die auf den Blasbalg wirkt, führt man das Quecksilberende in die erstbeobachtete Stellung zurück und liest den Stand des Manometers ab.

Bei geringeren Spannungsdifferenzen kann man die Ablesungen am Manometer denselben direct proportional setzen, grössere Unterschiede werden mit Hilfe graphischer Darstellungen in Beziehung gebracht.

Die Höhe der Bréguet'schen Instrumente macht dieselben für verschiedene Zwecke unhandlich. Professor Christiani gab ein Mittel an, die Röhre kürzer zu halten, gleichzeitig die Empfindlichkeit zu erhöhen. Christiani lässt nämlich die Capillarröhre nicht allmählig in das dickere Quecksilberrohr übergehen, sondern setzt dieselbe mit einer scharf eingebogenen Ecke an. Das ausgeführte Instrument hatte eine Röhre von nur 5 Centimeter und gab mit einem Daniell-Elemente eine Verschiebung der Quecksilberkuppe von 1 Centimeter.

Unter gleichen Umständen giebt das Bréguet'sche Capillarelektrometer eine Verschiebung von 3 bis 4 Millimeter.

Professor Fleischl setzte an Stelle des Blasbalges eine Quecksilberröhre, welche an einem Ständer verschoben werden kann.

Da das Capillar-Elektrometer im Principe aus nur wenigen, billigen Hauptbestandtheilen gebildet ist, lag der Gedanke nahe, dieses Instrument unter Hinweglassung des kostspieligeren Mikroskops in für Laboratorien praktische Gestalt zu bringen.

Eine bezügliche Construction wurde von Debrun angegeben.

Ein mehrfach gebogenes Capillarrohr, dessen mittlerer Theil, an welchem gemessen wird, eine Länge von 10 Centimeter hat, endigt auf beiden Seiten in eine Glasröhre von grösserem Durchmesser. Das eine dieser Rohre, welches eine senkrechte Lage einnimmt, ist mit Quecksilber gefüllt, welches in die horizontale Capillarröhre bis ungefähr zur Mitte derselben eindringt und hier mit der im zweiten Rohre sich befindlichen Schwefelsäuremischung in Berührung kommt. Wie beim Lippmann'schen Elektrometer, führen auch bei diesem Instrumente zwei Platindrähte zum Quecksilber und zur Säure.

Hinter dem Capillarrohre ist eine horizontale Scala, entweder in Millimetertheilung oder nach Spannungen graduirt, angebracht.

Der gesammte Apparat kann nach der einen oder anderen Seite geneigt und hierdurch die Empfindlichkeit geändert werden.

Zu bemerken ist, dass die Capillarröhre etwas konisch verläuft und einen grössten Durchmesser von 1 Millimeter besitzt; Debrun hat der konischen Form deshalb den Vorzug gegeben, weil bei genau cylindrischen Röhren eine dauernde Einstellung des Nullpunktes unmöglich war.

Bei Benützung von Capillarelektrometern hat man vor Allem völlig reine Materialien auszuwählen. Haupt-

sächlich das Quecksilber ist es, welches bei geringster Verunreinigung sehr leicht an der Kuppe kleine Bläschen giebt, die namentlich in sehr feinen Capillarröhren Messungen unmöglich machen. Auch die Säure muss die vollständigste Reinheit besitzen, sowie es selbstverständlich ist, dass man destillirtes Wasser zum Verdünnen derselben verwendet.

Hat ein Elektrometer längere Zeit unbenützt gestanden, so ist, wie erwähnt, vor Beginn einer Messung die Quecksilberkuppe dadurch zu erneuern, dass man eine geringe Menge Quecksilber durch das Capillarrohr drückt. Hat man voraussichtlich längere Zeit nicht mit dem Instrumente zu arbeiten, will dasselbe aber nicht vollständig demontiren, so ist es räthlich, die Schwefelsäure zu entfernen und das Quecksilber aus dem Capillarrohre zurückzusaugen.

Bei ständig benützten Instrumenten findet man öfter eine Veränderung des Nullpunktes; die Quecksilberkuppe nimmt gewöhnlich einen höheren Stand ein. Ausser in localen Temperatureinflüssen, scheint diese Bewegung im Auftreten elektrischer, durch Luftdruckdifferenzen hervorgerufener Ströme ihre Entstehung zu haben.

Im Allgemeinen erfordert das Arbeiten am Capillarelektrometer, sofern rasch Resultate von grösserer Genauigkeit erlangt werden sollen, eine längere Bekanntschaft mit dem betreffenden Instrumente.

Die Galvanometer.

Die dem Elektriker unentbehrlichen Instrumente, welche auf der Ablenkung eines Magneten durch den elektrischen Strom basiren, heissen Galvanometer.

Die Forderungen, welche an Galvanometer gestellt werden, sind äusserst mannigfach. Es wirken hier theils individuelle Wünsche, theils die Bedürfnisse der Praxis, theils die Ansichten der Verfertiger, so dass man an diesem Instrumente eine Vielseitigkeit in der äusseren Form sowohl, als auch in der Zusammenstellung der Haupttheile ersieht, die es schwierig macht, dieselben zu classificiren. In Grossen und Ganzen jedoch unterscheidet man Zeiger- und Spiegelinstrumente. Erstere sind zur Zeit von letzteren fast verdrängt und höchstens noch bei einigen Tangentenboussole nach Gaugain etc. vorzufinden.

Ich übergehe deshalb diese Apparate, deren Abbildung und Beschreibung man in jedem grösseren Werke über Physik nachlesen kann, und wende mich sofort zu den Instrumenten, die dem Forscher und Schüler, dem Elektriker von heute überhaupt unumgänglich nöthig sind. Gauss, der unsterbliche Mathematiker, Physiker und

Astronom, war wohl der Erste, der nach dem Vorgange Poggendorff's die Spiegelablesung an magnetischen und elektrischen Messinstrumenten praktisch verwerthete, eine Ablesungsart, die sich in vielgestalteter Anwendung bis heute erhalten hat und im Begriffe steht, mit dem Fortschreiten der elektrischen Messkunde alle anderen Ablesungsarten zu verdrängen.

Die Haupttheile eines jeden derartigen Instrumentes sind der Magnet, die Multiplicatoren, der Spiegel und der Dämpfer. Die Eigenart der verschiedenen Galvanometer bildet die gegenseitige Stellung des Magnetes zu dem Multiplicator, speciell auch die Verwendung des Dämpfers. Ungedämpfte Galvanometer finden sich selten, vielleicht bei einigen englischen Instrumenten, deren Constructeure den vom Dämpfer eingenommenen Raum nützlicher für die Drahtwindungen des Multiplicators zu verwenden gedachten. Ehe ich jedoch auf den Aufbau der Instrumente näher eingehe, ist es erforderlich, über die Natur der Dämpfung, sowie über die Formen der gebräuchlichsten Dämpfer einige Bemerkungen zu machen.

Die vorzüglichste Dämpfung erzielt man durch Dämpfer aus Kupfer.

Andere billigere Dämpfungen, welche auch bei Drehwagen und Elektrometern Anwendung finden, sind durch Metallflügel, welche in einer Flüssigkeit schwingen, gebildet, oder durch dergleichen Flügel, auf welche der Luftwiderstand dämpfende Wirkung ausübt.

Die Dämpfung durch Flüssigkeiten hat bei Galvanometern selten Verwendung gefunden, öfter aber bei Elektrometern. Im Gegensatze hierzu sind die sogenannten Luftdämpfer in neuerer Zeit wieder zur häufigen Benützung gelangt, da sie gegenüber den

Kupferdämpfern mehrfache, besondere Vorthelle aufweisen.

Eine ältere, sehr wirksame Form dieser Dämpfer wurde von Töpler angegeben; sie besteht in der Hauptsache aus einer mit dem Magneten verbundenen viereckigen Papier-, Glimmer- oder Metallplatte, die in einer kreisförmigen Dose schwingt. In die Dose werden vier radiale Flügel eingeführt, gegen welche die schwingende Platte eventuell bei einer bedeutenden Ablenkung des Magneten anschlagen würde. Bevor jedoch dieser Fall eintritt, wird die zwischen der schwingenden Platte und den Flügeln eingeschlossene Luft zusammengedrückt, auf der entgegengesetzten Seite aber verdünnt, so dass ein sehr merkbarer Widerstand gegen allzurasche oder zu lange dauernde Schwingungen geschaffen wird. Es ist leicht ersichtlich, dass die Wirksamkeit dieses Dämpfers hauptsächlich von zwei constructiven Verhältnissen abhängig ist. Das günstigste Verhältniss wäre durch den Mangel eines Trägheitsmomentes des Schwingungskörpers gegeben, ein Fall, der ja nie stattfindet; man sucht jedoch durch thunlichst leichte Anordnung des Ganzen durch die Wahl von dünnstem Aluminiumblech, von dünnem Glimmer oder Cartonpapier, sowie durch zweckentsprechende Form des Magneten dem idealen Verhältnisse möglichst nahezukommen. Des weiteren ist behufs Erzielung günstiger Resultate auf ein möglichst genaues Anschliessen der schwingenden Platte an die Wände der Dose zu achten. Nicht allein, dass die vier eingeschobenen Flügel nahe an die Drehaxe der Platte reichen sollen, muss sowohl der Abstand zwischen den seitlichen Plattenrändern und der Dosenwand, als auch der oberen und unteren Kante von Deckel und Boden

der Dose ein möglichst geringer sein. Die Ausführung dieser letztbeschriebenen Forderung bildet mehrere mechanische Schwierigkeiten, und deshalb findet man diese Art Dämpfung nur bei feineren, ganz aus Metall gearbeiteten Präcisionsinstrumenten.

Die Verstellbarkeit der Flügel, wodurch grössere oder kleinere Winkel von denselben eingeschlossen werden, lässt verschiedene Grade von Dämpfungen erzielen. Bei feineren Galvanometern, sowie bei magnetischen Instrumenten, bei Apparaten also, bei welchen im Allgemeinen nur mit mässigen Ablenkungen gearbeitet wird, lässt sich die Luftdämpfung in weit einfacherer Form mit genügendem Wirkungsgrade in Anwendung bringen. So verwenden Hartmann und Braun bei den neueren Tangentenboussole nach Kohlrausch eine einfache Glimmerscheibe, welche zwischen nahestehenden Glasplatten eingeschlossen ist. Auch Dr. Edelmann baut in neuerer Zeit derartige Dämpfer, die den Anforderungen der Praxis vollauf genügen. Ihrer Einfachheit und guten Wirkung halber mag hier die Beschreibung folgen. Eine kreisförmige, senkrecht stehende Dose von circa 7 Centimeter Durchmesser nimmt die Stelle des später zu beschreibenden variablen Dämpfers der Edelmannschen Galvanometer ein. Die Dose hat eine Breite von nahe 1.5 Centimeter und ist mittelst Glasplatten gut geschlossen.

An dem Magnetringe sind zwei sehr dünne Glimmerscheiben aufgekittet, deren Wände in geringer Entfernung von der inneren Dosenwandung schwingen. Ich kann bestätigen, dass auch bei den grössten möglichen Ausschlägen die Ruhestellung des Spiegels nach zwei bis drei Schwingungen gesichert ist.

Aperiodische Dämpfung erhält man hauptsächlich durch Verwendung von Kupfer.

Die Wirksamkeit des Kupferdämpfers hängt ab von der Masse, Eigenschaft und Form des verwendeten Kupfers, von der Stärke des Magneten und von dem Trägheitsmoment desselben und des daran befestigten Spiegels.

Die vollkommenste Dämpfung erzielt man durch den Siemens'schen Glockenmagnet, bekanntlich einen Stahlfingerhut mit zwei Einschnitten. Die beiden Flanschen bilden den Nord- und Südpol des Magneten.

Die Vorthelle desselben sind bei genügend langen Schenkeln ein starker Magnetismus und der Cylinderform halber, bei welcher die Massen in geringer Entfernung von der Axe liegen, ein äusserst geringes Trägheitsmoment. Zudem ist die Umschliessung dieses Magneten, als eines Cylinders, durch Ausbohren der Kupferhülle in einfacher Weise zu bewerkstelligen, wobei auch ein Hauptfactor, das möglichst nahe Anschliessen des dämpfenden Mittels in leichter Weise bewerkstelligt werden kann.

Der einzige Nachtheil, der diesem Dämpfer anhaftet, wird durch die Schwierigkeit, die Mittellinie der magnetischen Kraft des Magneten in den Mittelpunkt des Multiplicators zu bringen, gebildet, da es keine einfache Methode giebt, die durch die Schenkel gehende gedachte Ebene der grössten magnetischen Kraft experimentell zu bestimmen, zudem man nicht von vorneherein von der gleichmässigen Vertheilung des Magnetismus in den Schenkeln überzeugt sein kann.

Frei von diesem Einwurfe, aber auch in der dämpfenden Wirksamkeit zurückstehend, sind die Dämpfer der Wiedemann'schen Galvanometer, speciell deren

Magnete, sowie die daraus hervorgegangenen Magnete von Sauerwald, Edelmann u. A. m.

Wiedemann, dem wir eigentlich das erste praktische Instrument dieser Art verdanken, hing einen Stahlspiegel, d. h. eine auf der Vorderfläche mit Wienerkalk auf Glas abgeschliffene, als Spiegel wirkende, gehärtete und magnetisirte runde Stahlplatte in einem Kupfercylinder auf, derartig, dass die Ränder dieser Platte in geringer Entfernung von der Bohrung des Kupfercylinders schwingen.

Abgesehen von einem Fehler, den ich später zu besprechen Gelegenheit habe, ist das Trägheitsmoment einer derartigen Platte, welche des Springens beim Härten halber eine nicht zu geringe Dicke besitzen darf, ziemlich bedeutend.

Mechaniker Sauerwald in Berlin ersetzte deshalb diese Magnetenplatte durch einen Magnetring von $\cap$ förmigem Querschnitte. Es ist klar, dass durch diese Form die Massen bedeutend vermindert werden, ohne dass dadurch der magnetischen Kraft bedeutender Eintrag geschieht.

Die Form des Kupferdämpfers ist die von Wiedemann angewandte, ein Kupfercylinder von bedeutender Wandstärke. Behufs Einbringung des Ringes ist in der Mitte des Kupfercylinders eine Nuthe ausgefeilt, welche gleich der Breite des Ringes ist. Durch dieses Verfahren geht jedoch ein Stück sehr wirksamen Kupfers verloren, da die Flächenströme auf diese Breite nicht zur Entwicklung gelangen. Eine Verbesserung ist die Vermeidung dieses Schlitzes durch Anwendung eines Loches, wobei der Ring natürlich in die Höhlung des Dämpfers eingeführt und mit dem von oben kommenden Verbindungsstäbchen, welches den Spiegel trägt, verschraubt werden

muss. Die Bohrung der Kupferhülle ist zur Abhaltung von Luftströmungen mit Messingkapseln oder besser mit Glasplättchen geschlossen. Es lassen sich in letztere mittelst einer spitz zugeschliffenen Feile und unter Verwendung von Terpentinöl concentrische Kreise drehen, nach welchen eine centrische Einstellung des Ringes zur Dämpferbohrung leicht zu erreichen ist.

Die weitere Centrirung der Multiplicatorrollen, welche doch meistens in Kreisform verwendet werden, bietet keine besonderen mechanische Schwierigkeiten.

Ein anderes Galvanometer, dessen Dämpfer ich deshalb erwähne, weil es in vielen physikalischen Cabineten vorhanden, ist das Instrument von Meyerstein.

Seine Eigenthümlichkeit besteht darin, dass die Multiplicatorspule zugleich die Stelle des Dämpfers versieht. Die Form des Magneten ist die eines elliptischen Ringes, demgemäss auch der Dämpfer eine elliptische Kupfermasse.

Die Dämpfungsverhältnisse dieses Systems müssten sich noch besser gestalten als die der beiden vorhergehenden. Leider ist bei dieser Form die Verbindung des Spiegels mit dem Magnetringe nur durch ein Doppel-Winkelstück zu erreichen, welches bewirkt, dass das Trägheitsmoment ein bedeutendes, mithin der Dämpfungsgrad nur gering ist.

Die zweite Gattung von Dämpfern benützt die mechanische Reibung in Flüssigkeiten.

Diese Art findet man häufig bei billigen, sowie bei nichtmagnetischen Instrumenten in Anwendung, so z. B. an dem kleinen Edelmann'schen Spiegel-Vorlesungsgalvanometer.

An dem Magnetringe befestigt, nach abwärts gehend, taucht ein Draht, welcher mit Reibung durch zwei

Schlitz eines Metallfähnchens gesteckt ist, in Glycerin. Das möglichst leichte Metallfähnchen ist dünnes Platin, besser noch Aluminium; seine Form ist die eines Rechteckes. Das Glasgefäß ist der untere Theil eines abgeschnittenen, etwas grossen Reagirgläschens.

Bei Anfertigung dieser Dämpfer hat man darauf zu achten, dass der Schwerpunkt des Systems in der Axe des Drahtes liegt, und dass die Seiten des Fähnchens links und rechts des Drahtes gleiche Form und Länge haben, ferner ist der Draht möglichst dünn zu nehmen. Die Wahl des Glycerins bringt verschiedene Vortheile; erstens lässt sich dasselbe unschwer in verschiedene Concentrationsgrade bringen, zweitens gefriert es weder, noch verdampft es leicht und drittens ist es reinlicher als Oele u. dgl.

Siemens hat bei seinem Elektrodynamometer gleichfalls von dieser Dämpfung Gebrauch gemacht.

Da bei diesem Instrumente der mittlere Theil unter der beweglichen Spule anderweitig verwendet ist, so sieht man an dem Siemens'schen Instrumente eine der Mittellinie concentrische Rinne, in welche ein paar Flügel tauchen.

Die Flügelträger sind dort, wo sie in die Flüssigkeit treten, messerartig geschärft, um sich leicht bewegen zu können; die Flügel tauchen gänzlich in der Flüssigkeit unter.

Diesem Systeme giebt Siemens noch eine Art Mariotte'sche Flasche bei, welche das Niveau der Flüssigkeit constant hält.

Die dritte Hauptart endlich, bei einigen englischen Galvanometern angewandt, besteht in einem möglichst leichten Fähnchen, das statt in Flüssigkeit in der Luft

schwingt. Die Dämpfung ist in Folge dessen geringer, kann jedoch durch geeignete Einschliessung dieser Fahne in eine Dose zu einer der Praxis genügenden Stärke gebracht werden. Unwillkürlich wirkt ja jeder Ablese-
spiegel als Dämpfer dieser Art.

Von der Art der Dämpfer stets in grösserem oder geringerem Grade abhängig ist die Form der Multiplikatoren. Weber hat die Formeln für die beste Ausnützung eines gegebenen Drahtquantums bei einer bestimmten Stromstärke ermittelt; hier mag nur die mechanische Ausführung der Multiplikatoren besprochen sein. Die Rahmen derselben, die grösstentheils kreisförmig sind, bestehen aus Holz, Marmor, Hartgummi, Vulcanit oder Metall. Für gewöhnlichere Versuche mögen Rollen aus altem Mahagoni- oder Lindenholze genügen. Ich habe indessen mit letzterem, recht altem Holze, das zu wiederholtenmalen in heissem Paraffin gesotten wurde, doch kein „Stehenbleiben“ erreichen können; ähnlich mögen sich auch andere Holzarten, selbst wenn verschiedene Stücke verleimt werden, verhalten.

Rollen zu genaueren Versuchen dürften schon der Isolation halber stets aus Hartgummi zu fertigen sein; Metallrollen, am besten aus Neusilberblech, müssen siebartig durchbohrt und einmal vollständig durchschnitten sein. Die Schnittbreite wird durch isolirende Mittel ausgefüllt.

Ich gehe nun dazu über, die allgemeinen Bedingungen, welchen ein Galvanometer genügen muss, um brauchbar zu sein, zu erörtern. Die Basis des Instrumentes soll möglichst ausgreifend und nicht zu leicht gehalten sein. Wo es daher angeht, verwende man eine dicke Platte aus Messing, Zink, Marmor oder Schiefer als Grundplatte, welche zwar weniger gefällig aussieht, als

ein Dreifuss, dem Instrumente aber einen besseren Stand sichert.

Ich bemerke hier, und es gilt dieses überhaupt von allen Metalltheilen, dass man sich bei feineren Instrumenten ihrer Eisenfreiheit zu versichern hat. So sind z. B. viele Marmorarten beträchtlich eisenhaltig, auch Messingguss wird in den seltensten Fällen aus reinem Kupfer und Zink hergestellt, vielmehr wird grösstentheils eine beträchtliche Menge alten verarbeiteten Metalls, Abfälle etc. zugesetzt, welche letztere Theile mit Eisen oder Stahlspänen untermischt sein können.

Die Stellschrauben sind immer in der Dreizahl zu verwenden. Die oft benützten, äusserst feinen Gewindgänge auf denselben kann man füglich durch gröberes Gewinde ersetzen, da dieses die Aufstellung des Apparates ebenso sicher, jedoch rascher ausführen lässt; immer aber soll die Schraube satt gehen und durch eine seitliche Gegenschraube zu fixiren sein.

Der obere Aufbau des Instrumentes sitzt auf einem starken Conus, um das Instrument allseitig drehbar zu machen, ein Vorthail, welcher beim Horizontalstellen des Apparates wesentliche Dienste leistet.

Sämmtliche Galvanometer aus deutschen Fabriken haben diese Annehmlichkeit, während dieselbe an verschiedenen englischen Modellen vermisst wird.

Die Fixirung dieses Conus geschieht am besten von unten; eine seitliche Druckschraube kann man nur für den Fall des äusserst genauen Passens oder einer bedeutenden Grösse desselben benützen.

Eine angenehme, wenn auch nicht absolut notwendige Beigabe, welche das Einstellen des Apparates in den magnetischen Meridian erleichtert, giebt Siemens

und Halske seinen Galvanometern. Es ist dieses ein Bremsring, dessen Nase durch eine feine Schraube bewegt wird und mit ihm verbunden, dem Instrumente eine kleine Drehung ertheilt, eine Vorrichtung, welche an jedem Theodoliten in Verwendung und allgemein bekannt ist.

Wie erwähnt, sollen alle Metalltheile aus eisenfreiem Messing bestehen, mehr jedoch möchte ich die Benützung von sogenanntem Rothmetalle empfehlen; dieses, eine messingartige Composition von höherem Kupfergehalte, giebt für elektrische Apparate eine bessere Dämpfung, ausserdem aber hat sie den Vorzug grösserer Festigkeit und Steifheit.

Der weitere Aufbau ist abhängig von der Construction des Magneten und Dämpfers und kann erst bei der Einzelbeschreibung näher betrachtet werden.

Den oberen Theil der Galvanometer bildet das Spiegelgehäuse.

Fast alle deutschen Mechaniker bauen ihre Spiegelgehäuse universal drehbar, ein Vorthail, der erst gewürdigt wird, wenn man bedenkt, dass mit der Ausbreitung und Vermehrung elektrotechnischer Geschäfte und Laboratorien eine Mehrverwendung von Spiegelgalvanometern statt hat, und dass in kleineren mit wenig Raum bedachten Lehranstalten nur hierdurch die Raumfrage befriedigend gelöst werden kann.

Eine ältere Construction dieser Art finden wir an dem Dr. Carl'schen Galvanometer.

Aus dem Hauptkörper ragt eine Röhre mit sehr feinem Gewinde hervor, auf welches die Hälfte des Spiegelgehäuses, das die Form eines liegenden Cylinders hat, aufgeschraubt ist. Die zweite Hälfte des Cylinders

ist mittelst zweier Flanschen und zweier Schrauben mit dem ersten Theile fest verbunden und trägt diagonal dem erwähnten feinen Gewinde gegenüber die Suspensionsröhre.

Es leuchtet ein, dass durch das Drehen des ganzen Gehäuses dieses allerdings ein wenig gehoben wird, mit ihm die Röhre und der Spiegel, dass aber diese geringe Bewegung bei der minimalen Steigung des Gewindes ohne Belang ist.

Eine öfter von Siemens und Halske verwendete Construction ist folgende:

Der obere Theil des den Dämpfer u. s. w. tragenden Hauptkörpers ist eine Platte, auf welcher das drehbare Spiegelgehäuse in Form eines stehenden Cylinders auf sitzt und mittelst dreier Schrauben den Rand der am Cylinder angegossenen Flansche festdrückt.

Diese Art erlaubt indessen das Drehen des Gehäuses doch nur vor dem Einstellen des Instrumentes, weil die drei Schraubchen auf ihren Köpfen immer einen ungleichmässigen Druck ausüben, welcher bei längeren Suspensionsröhren nicht ohne Einfluss auf die Centrirung des Coconfadens bleibt.

Vollkommener sind jene Spiegelgehäuse, welche über dem, den Träger der Suspensionsröhre bildenden Metallkörper ein eigenes für sich drehbares Gehäuse, ein Messingrohr mit seitlicher Spiegelöffnung haben.

Von manchen Mechanikern werden häufig folgende sehr gute Gehäuse gefertigt.

Auf dem eine runde Platte bildenden oberen Theil des Hauptkörpers ist ein kleiner kurzer Conus angedreht, auf welchem eine zweite Platte mit entgegengesetztem Conus aufliegt. Diese letztere, durch eine in der Mitte

behufs Durchlassung des den Spiegel und den Magnet verbindenden Stäbchens durchbohrte Schraube mit der Grundplatte fest verbunden, trägt zwei eingeschraubte Bolzen, welche ihrerseits wieder eine obere Platte von etwas kleinerem Durchmesser tragen.

Ueber die obere Platte wird nun das Gehäuse, ein Messingrohr, geschoben und dessen Fenster in die Richtung des Strahleneintrittes gedreht. Nach oben setzt sich die Platte wieder in das Suspensionsrohr fort.

Edelmann vereinfachte diese Construction noch insoferne, als er statt der beiden Bolzen ein einziges etwas dickeres Verbindungsstück einschaltet, eine Modification, die, obwohl dem Mechaniker grössere Schwierigkeiten bietend, vorzuziehen ist, weil das ganze Gussstück, Platten mit Verbindungssäule, exact auf der Drehbank bearbeitet werden kann.

Ich habe bei meinem vom Mechaniker F. Reiner gefertigten Galvanometer eine Abänderung dieser Construction derart getroffen, dass die untere Platte mit Hilfe einer Circularfeder, die durch drei Schrauben befestigt ist, niedergehalten wird, wodurch ein sanfteres Drehen des Ganzen erzielt wurde.

Ueber dieses Metallstück ist auch hier eine Messingröhre mit seitlichen Fenstern geschoben. Diese Fenster sind durch planparallele Glasplatten geschlossen.

Da diese Gläser, wenn deren Schliff vollkommen ist, im Allgemeinen einen nicht unbedeutenden Preis haben, möchte ich die optische Anstalt von Reinfelder und Hertel in München in Bezug auf Billigkeit bei vollkommener Güte der Gläser empfehlen.

Bei vertical stehenden Glasfenstern und bei dem Umstande, dass viele Ablesefernrohre die Ableseplatte in

nächster Nähe des Fernrohres ober- oder unterhalb desselben haben, entstehen leicht störende Reflexbilder der Glasplatte, weshalb Hartmann¹⁾ in Würzburg dem Planglase seiner Galvanometer eine gegen die Verticale geneigte Lage ertheilt, ein Vorgehen, das auch anderen Mechanikern anzurathen ist.

Das Spiegelgehäuse und seine Nebentheile sind am besten schwarz zu brennen, d. h. die stark erwärmten Theile mit durch Kupfer gesättigte Salpetersäure zu bestreichen, wieder zu erwärmen u. s. w.; oder, soferne die Metalltheile der Festigkeit halber aus Rothmetall bestehen, mittelst des zum Schwärzen von Teleskopröhren gebrauchten Kienrusslackes zu mattiren.

Auf dem Spiegelgehäuse ist die Suspensionsröhre, welche den Coconfaden vor Luftströmungen schützt, aufgesetzt. Diese Schutzhöhren, theils aus Messing, theils aus Glas gefertigt, haben je nach dem Grade der Empfindlichkeit, welche man dem Apparate geben will, verschiedene Länge.

Es ist klar, dass die Torsion des Cocons bei grösserer Länge weniger störend auftritt, dass aber mit wachsender Länge auch die Festigkeit des Aufstellungsplatzes zunehmen muss. Ausser bei magnetischen Variationsapparaten und vielleicht bei Galvanometern für absolute Messungen wird man aus praktischen Gründen selten über 40 Centimeter Länge der Röhre hinausgehen.

Die Krönung des Apparates bildet der Centrir-, eventuell der damit verbundene Torsionskopf.

¹ Nunmehr Hartmann und Braun, Bockenheim bei Frankfurt a. M.

Unter den vielen Constructionen dieser Art, die oft ein beträchtliches Gewicht erhalten und dadurch den Schwerpunkt unnöthigerweise nach oben verlegen, ist eine der einfachsten, für viele Zwecke genügend, folgende:

In die Röhre ist ein etwa 2 Centimeter langer, nach unten sich ausbreitender Conus mit einer oberen, angedrehten Platte, die auf der Röhre sitzt, eingehängt. Die Röhre ist von drei Centrirschraubchen durchsetzt, die, in der Mitte des Conus angreifend, denselben nach abwärts ziehen und dessen Seitenverschiebung in beliebiger Richtung erlauben.

In der Mitte des Conus befindet sich eine Stange, welche unten eine Oese angebogen erhält, in die der Cocon eingehängt wird. Die Stange ist mittelst Trieb und Zahnrad zu heben und zu senken, oder einfacher durch eine seitliche Druckschraube festzustellen.

Noch besser ist es, in den oberen Theil des Conus ein dreieckiges Loch zu arbeiten und den Cocon an einem ganz kleinen, am Rande der Platte sitzenden Conus, speciell an dessen Wirbel zu befestigen und durch diesen das Heben und Senken des Cocons zu bewirken.

Mit diesem Centrirkopf ist oftmals ein kleiner Torsionskopf verbunden.

Ein Cylinder von grösserem Durchmesser als die Röhre sitzt auf derselben eben auf und enthält die drei Centrirschrauben.

Nach oben setzt sich derselbe in einen Conus fort, auf welchem ein zweites Metallstück aufgeschliffen ist, das durch eine seitliche Druckschraube fixirt werden kann.

Beide Stücke haben gleichen äusseren Durchmesser und tragen eine Stirntheilung in der Art, dass der

untere Körper die Theilung, der obere einen Strich als Index erhält.

Die Fadenaufhängung ist wie bei dem vorerwähnten Centrirkopf mittels eines kleinen Conus mit Wirbel bewerkstelligt. Natürlich sind derartige, auf dem obersten wenig stabilen Theile des Galvanometers befestigte Torsionsköpfe nur ein Nothbehelf im Vergleiche zu den z. B. bei den Coulomb'schen Drehwagen in der Mitte des Apparates angebrachten grossen Theilkreisen; sie genügen indessen bei Anwendung einiger Vorsicht zur Bestimmung von Torsionscoëfficienten der Cocons u. dgl. m. Bei dieser Gelegenheit möchte ich einige Bemerkungen über die Behandlung der Coconfäden anfügen.

Die von einer Coconspule abgewickelten Fäden werden angefeuchtet und an Häkchen, die in der Wand befestigt sind, aufgehängt.

Am unteren Theile klemmt man ein kleines Bleiblech an und lässt die Fäden trocknen.

Bei der Abnahme von den Häkchen wird auch das obere Ende mit einem Bleibleche versehen; die Behandlung wird hierdurch eine viel bequemere als ohne dieses Hilfsmittel.

Von anderer Seite wird empfohlen, statt der Bleigewichte Wachskügelchen anzukleben; ich habe dieses Mittel weniger bequem gefunden, weil die Kügelchen an den Fäden sehr wenig Haltbarkeit zeigen.

Nach dieser allgemeinen Bemerkung gehe ich zur Beschreibung einiger allgemein verbreiteter Galvanometer über, hauptsächlich zu dem Zwecke, ihre speciellen Eigenschaften hervorzuheben, und hiermit ihre Verwendbarkeit für besondere Zwecke darzulegen, sowie auch an der Hand guter Abbildungen dem Mechaniker Vorbilder der besseren Instrumente zu liefern.

Das Thomson-Galvanometer zeichnet sich durch die Eigenschaft aus, rasch aufgestellt werden zu können, und hat für die meisten technischen Arbeiten genügend Empfindlichkeit.

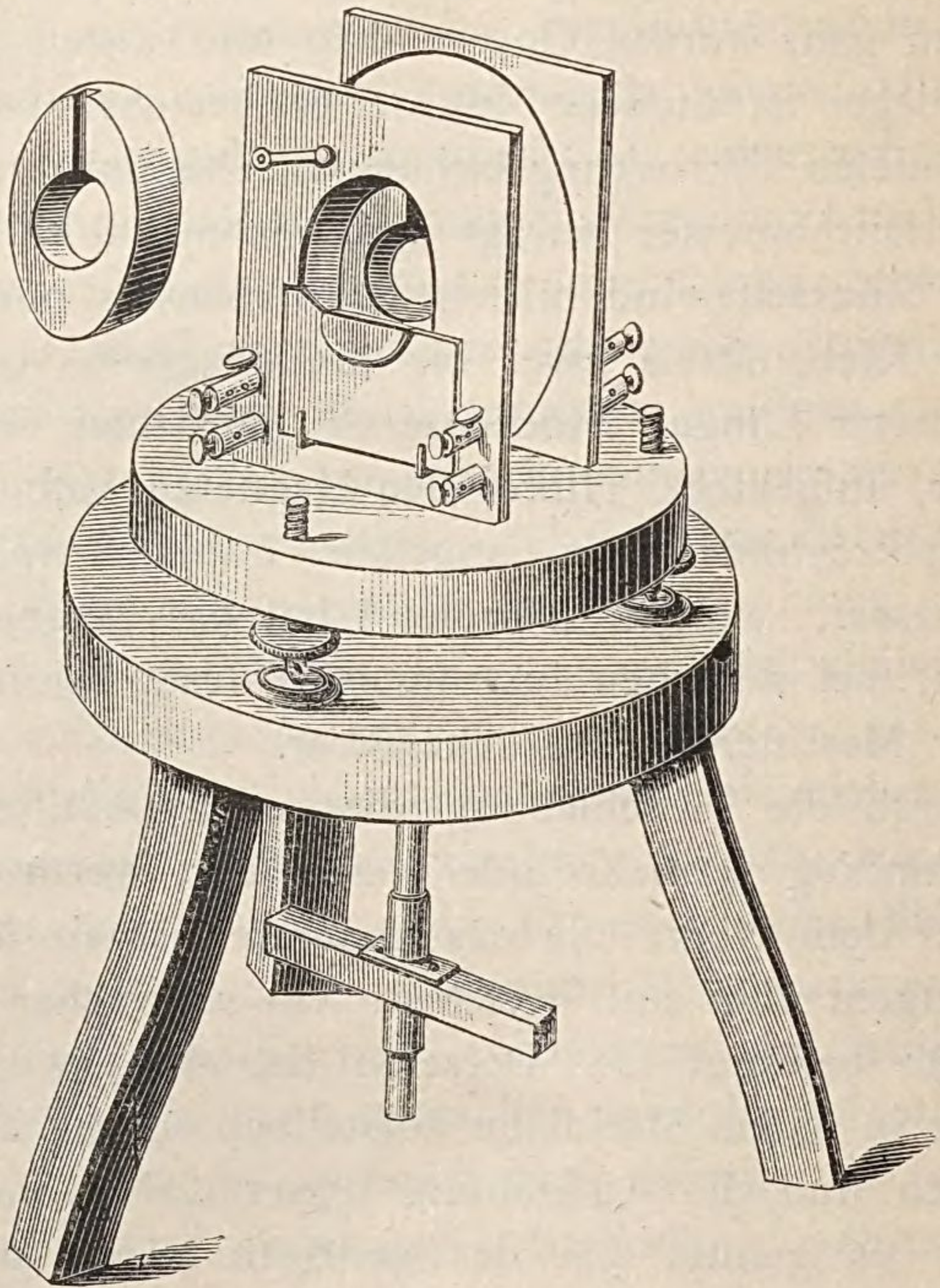
Das Instrument hat einen Dreifuss, die Multiplikatorrolle und den Richtmagneten. Der in Mitte der Rolle an einem ganz kurzen Cocon oben und unten suspendirte Spiegel ist äusserst leicht; er besteht aus einem planparallelen Mikroskopgläschen, das chemisch versilbert ist, sein Durchmesser beträgt meistens nur 6 Millimeter; auf der Rückseite sind mittelst Spirituslackes oder eines anderen Klebemittels zwei bis drei Magnete von 3 bis 4 Millimeter Länge, Stücke einer gehärteten Taschenuhrfeder, aufgeklebt. Hinter den Magneten befindet sich ein Kupfercylinder von ungefähr 7 bis 8 Millimeter Durchmesser, welcher dämpfend auf das Magnetsystem einwirkt, bei manchen Instrumenten fest, bei manchen in einer Messingröhre zurückziehbar.

Durch die Verschiebung dieses Kupferstiftes kann die Dämpfung vermehrt oder vermindert werden.

Auf dem Obertheile des Apparates ist ein Messingrohr angebracht, auf welchem ein schwacher Magnet schiebbar befestigt ist. Derselbe hat den Zweck, den Apparat in jedem Meridiane aufstellbar zu machen. Der Gebrauch und die Aufstellung dieser Galvanometer ist einfach; es genügt bei der geringen Länge des Aufhängefadens sogar eine einfache, feste, hölzerne Wandconsole an einer etwas soliden Mauer. Das Galvanometer wird so gestellt, dass der Spiegel centrisch in der dasselbe einschliessenden Röhre erscheint, und dass die Front, welche durch eine planparallele Glasplatte geschlossen ist, der Beleuchtungslampe zugekehrt wird.

Unter gleichzeitiger Verschiebung dieser sowie des Regulirmagneten lässt sich der Lichtstrahl bald auf den Nullpunkt der Scala einstellen. Ablesefernrohre werden bei derartig geringen Spiegeldurchmessern selten angewandt.

Fig. 18.



Unter den deutschen Fabrikaten dieser Art möchte ich das Kohlrausch'sche Instrument von Hartmann in Würzburg, nunmehr Hartmann und Braun in Frankfurt a. M., erwähnen. Dieses recht einfache und billige Galvanometer zeigt Fig. 18. Man erkennt in

dessen Mitte den Spiegel, der, im Gegensatz zu dem englischen Vorbilde, durch ein Schraubchen höher und tiefer gesenkt werden kann. Die Dämpfung wird durch einen Kupfercylinder gebildet, der nach oben behufs Durchlassung des Cocons einen kreisförmigen Schlitz trägt.

Das Galvanometer ist mit zwei Drahtwindungen aus dickem und aus dünnem Drahte versehen.

Erstere dient den thermoelektrischen, letztere allen anderen Versuchen. Ausserdem ist das Galvanometer, dem hohen Preise guter Messbrücken Rechnung tragend, als Differentialgalvanometer gewickelt. Einen ferneren Vorzug bildet die schiefe Lage des Deckglases des Spiegels, der für Fernrohrablesung berechnet ist, daher einen grösseren Durchmesser als der des Thomson-Galvanometers hat.

Das ganze Galvanometer steht auf einem Holzdreifusse, welcher auch Träger des Richtmagneten ist.

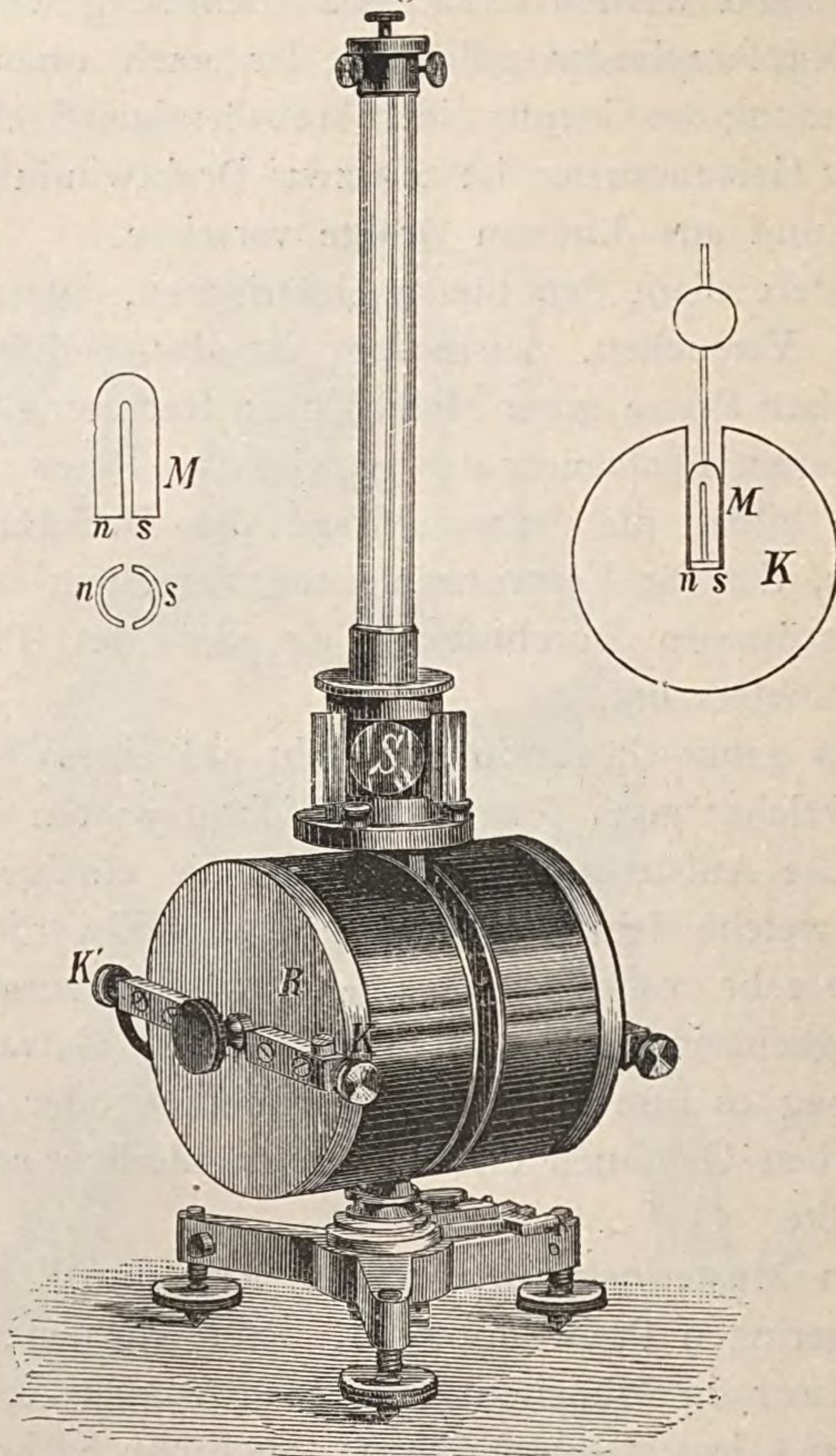
Diese Aufstellung ist vielleicht die einzige Fehlerquelle, welche dem Apparate vorgeworfen werden kann, da auch sehr trockenes altes Holz von Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüssen nie frei ist, ein Galvanometer aber, mag es nun feineren Experimenten oder dem gewöhnlichen Gebrauch dienen, unveränderlich aufgestellt sein sollte.

Ein Musterinstrument dieser Art, das sich zudem durch geringen Preis empfiehlt, liefert in neuester Zeit F. Reiner in München. Dieses Instrument lehnt sich mehr an das erstbeschriebene englische Original an, indem der Richtmagnet wieder nach oben verlegt ist.

Hingegen hat es statt des Dreifusses eine starke Zinkbasis mit Stellschrauben, wodurch die Stabilität bedeutend erhöht wird.

Die Dämpfung ist bedeutend. Der Multiplikator ist dick- oder dünndräftig bewickelt. Das ganze Instrument

Fig. 19.



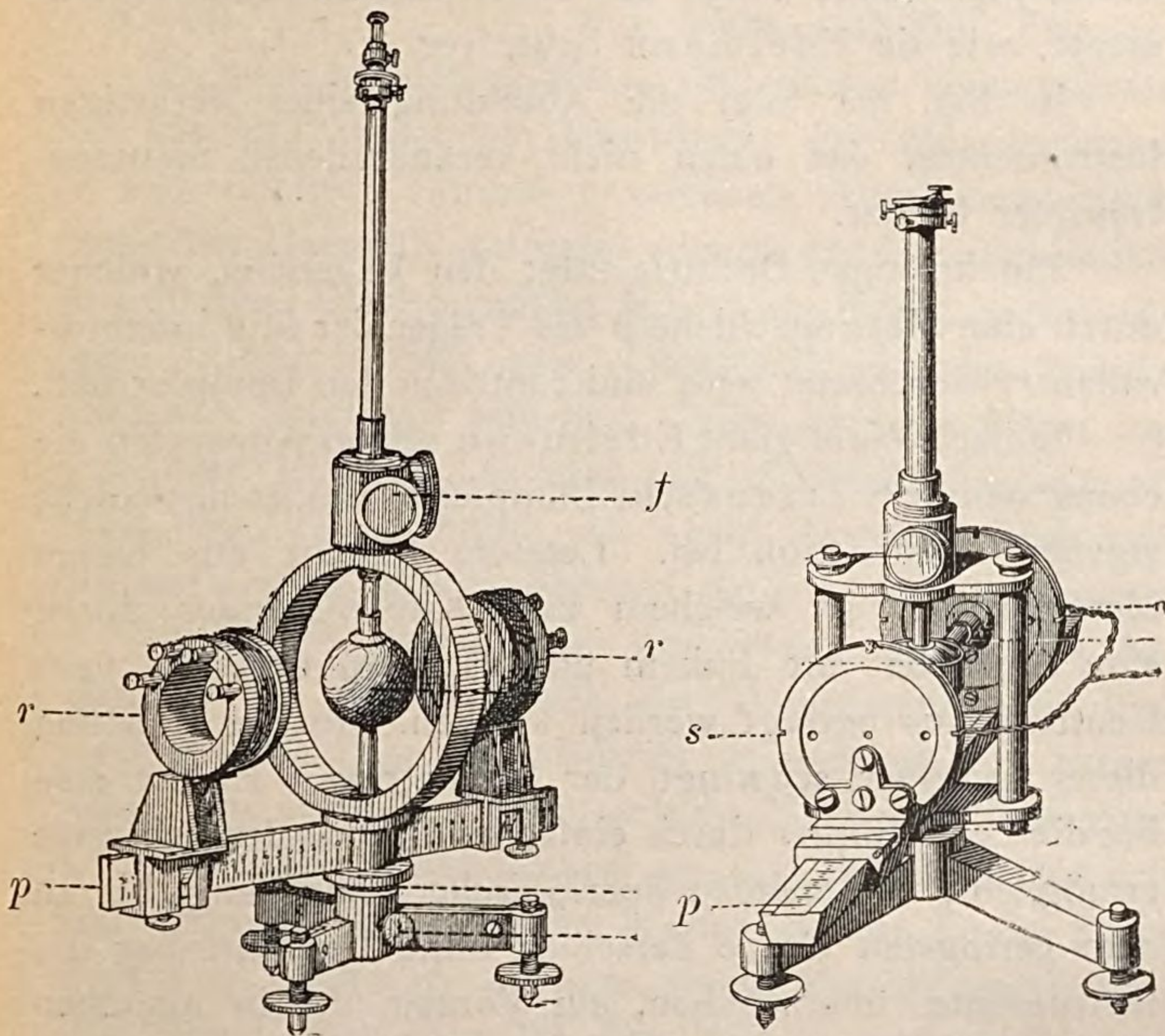
ist von grosser Empfindlichkeit und einfacher Aufstellungsart.

Alle diese kleineren Instrumente, mit Ausnahme des Reiner'schen, lassen das Auswechseln der Multiplikator-

rollen nicht zu, zudem ist die Empfindlichkeit in Folge der kurzen Coconfäden eine beschränkte. Feinere Instrumente sind nach dem Vorbilde der Wiedemann'schen Galvanometer hauptsächlich in Deutschland gebaut, sie haben lange Suspensionsrohre, ausserdem sind die Multiplicatorrollen doppelt, zum Auswechseln, und

Fig. 20.

Fig. 21.



in Bezug auf den Magneten in der Längsrichtung verschiebbar.

Nur das bekannte Siemens-Galvanometer, in Fig. 19 abgebildet, hat unverschiebbare Rollen. Dieselben lassen sich jedoch auswechseln und auf diese Art durch Wahl verschiedener Drahtsorten den Stromstärken anpassen. Das Siemens'sche Galvanometer ist für praktische Zwecke,

also speciell für Telegraphenämter, elektrotechnische Fabriken etc. besonders empfehlenswerth; sein Vorzug liegt in dem gedrängten Aufbau und in der vorzüglichen Dämpfung des in einer massiven Kupferkugel *K* schwingenden Glockenmagneten *M*.

Der Forscher zieht in der Regel die mehr Variationen gestattende Form der Wiedemann'schen Instrumente, wie sie Edelmann baut, vor.

In Fig. 20 folgt die Abbildung eines derartigen Instrumentes, das einen nicht veränderlichen Siemens-Dämpfer besitzt.

Ein kräftiger Dreifuss trägt den Lagerring, welcher durch eine Messingschiene *p* als Träger der Multiplicatorrollen *rr* durchsetzt wird und centrisch den Dämpfer hält.

Je nach Wahl giebt Edelmann seinen Apparaten die ebengenannte Siemens'sche Dämpferform oder eine solche eigener Construction bei. Letztere besteht aus einem Messingrohre, in welchem zwei Kupfercylinder durch eine Schraube mit linkem und rechtem Gewinde vom Centrum aus bewegt werden können. In der Bohrung dieser Cylinder schwingt der Magnetring. Es ist also bei diesem Dämpfer durch einfaches Drehen der Schraube ermöglicht, von nahezu aperiodischer Dämpfung bis zu dem geringsten Grade derselben ohne Demontirung des Instrumentes überzugehen, ein Vorzug, der in manchen Fällen den Werth des Instrumentes bedeutend erhöht.

Der obere Aufbau des Galvanometers, im Speciellen das Spiegelgehäuse *f*, wurde schon früher beschrieben.

Edelmann giebt diesem Galvanometer je nach Wahl sechs verschiedene Multiplicatoren bei.

1. Mit dickem Drahte, $4 \times 50 = 200$ Windungen für Thermostrome,

2. Mit dickem Drahte $2 \times 250 = 500$ Windungen
maximale Empfindlichkeit für Thermostrome,
3. Mit dünnem Drahte $4 \times 500 = 2000$ Windungen
für gewöhnliche Arbeiten,
4. „ „ „ $4 \times 1500 = 6000$ } für physio-
5. „ „ „ $4 \times 3000 = 12000$ } logische
6. „ „ „ $6 \times 3000 = 18000$ } Zwecke.

In ganz ähnlicher Weise sind dessen Galvanometer für absolute Messungen construirt. Die Messingschiene ist mit silbernem Limbus p versehen. Ausserdem sind an Stelle der Holzrolle universal verstellbare Messingscheiben ss getreten. Diese Scheiben haben am Rande eine V-förmige Rinne, ferner sind dieselben mit vier radialen schmalen Schnitten versehen. Wird in diese Rinne nun ein Draht eingelegt, so lässt sich dessen Kreisbogen mit Hilfe der vier Schnitte an einer Theilmaschine oder mittelst eines Kathetometers auf das genaueste bestimmen.

Aus dem Durchmesser des Stromkreises, dem Abstände vom Magnetmittel, der Componente des Erdmagnetismus lässt sich alsdann, wie bekannt, die Stromstärke im absoluten „magnetischen“ Maasse bestimmen.

Gleichfalls anschliessend an das Wiedemann'sche Galvanometer ist das in der Werkstätte von Eugen Hartmann in Frankfurt gebaute Spiegel-Galvanometer nach Professor Braun (Fig. 22). Ein Dreifuss mit Stellschrauben trägt mittelst eines Conus ein Querstück, auf welches zwei Säulen aufgeschraubt sind, welche oben wieder durch ein dem unteren gleiches Querstück verbunden werden. Auf dem oberen Querstücke baut sich das Spiegelgehäuse mit dem Suspensionsrohre auf. Letzteres trägt statt eines Centrirkopfes eine einfache Schraubenvorrichtung zum Heben und Senken des Cocons.

In dem durch die beiden Säulen und Querstücke begrenzten Raume befindet sich der Dämpfer. Derselbe, aus zwei cylindrischen Hälften, deren eine auf einem kurzen Ständer mit dem Gestelle verbunden ist, zusammengesetzt, hält einen Siemens'schen Glockenmagnet umschlossen.

Wird der Magnet vollständig in den Dämpfer eingelassen, so sind die Ablenkungen aperiodisch; wünscht man hingegen mit geringer Dämpfung zu arbeiten, so wird der Magnet mit Hilfe des Cocons etwas gehoben, so dass ein Theil desselben aus dem Dämpfer herausieht.

Ich kann diese Methode, verschiedene Dämpfungen zu erzielen, gerade nicht besonders empfehlen, und zwar deshalb nicht, weil mit dem Heben des Magneten auch das Heben des Spiegels verbunden ist, dieser also, um überhaupt in Mitte des Spiegelgehäusefensters zu erscheinen, wieder hinuntergeschoben werden muss.

Es ist bei dieser Arbeit oft wohl nicht zu vermeiden, dass der Aufhängefaden reisst, oder dass die Stellung des Apparates geändert wird; will man also mit verschiedenen Dämpfungsgraden arbeiten, so ist in dieser Hinsicht der Edelmann'sche variable Dämpfer vorzuziehen.

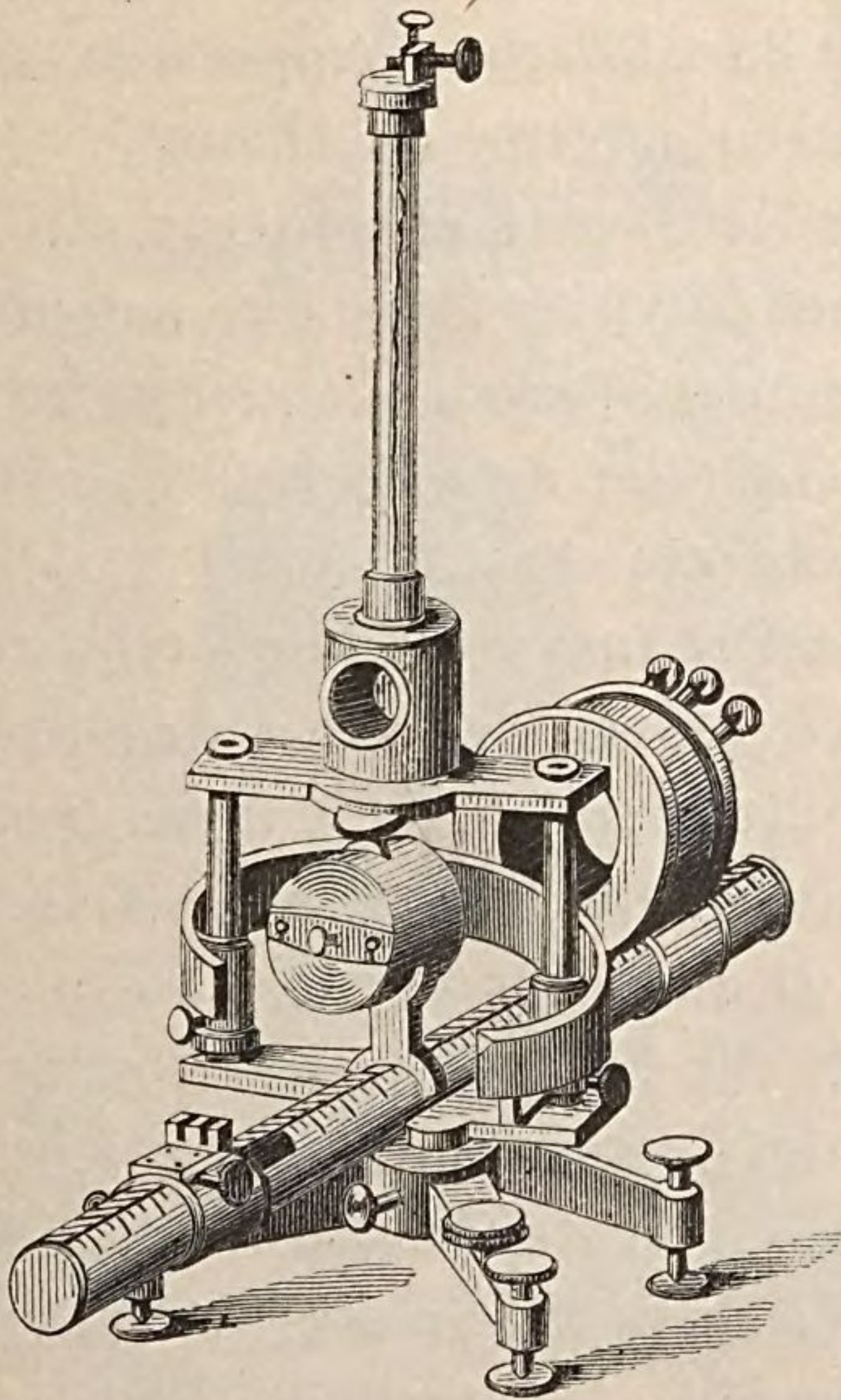
Die Multiplicatorrollen sind bei dem Hartmann'schen Galvanometer auf eine starkwandige Messingröhre mit Hilfe eines beweglichen Schlittens montirt und leicht auszuwechseln.

Die Multiplicatorenhalter lassen sich durch Zahn und Trieb bewegen, ausserdem ist die Röhre mit einer Theilung versehen. Diese Theilung ist jedenfalls sehr angenehm, es fragt sich aber, ob die Kosten für Zahn und Trieb sowie für die Theilung in einem Verhältnisse

stehen zu den Vortheilen, die diese Beigaben gewähren, es sei denn, dass man diese Theilung sowie das ganze Galvanometer zu absoluten Messungen zu verwenden gedächte.

Auf einem der Dreifüsse ist eine Dosenlibelle angeschraubt, welche ein leichtes Aufstellen des Instrumentes gestattet.

Fig. 22.



Als neu ist noch hervorzuheben, dass statt eines Regulirmagneten ein eiserner Ring von 4 Millimeter Breite und 10 Millimeter Dicke die Dämpfung umgiebt.

Dieser Ring, welcher die Steigerung der Empfindlichkeit bis auf das Sechsfache bewirken soll, hat, wenn seine Verwendung keine sonstigen Unbequemlichkeiten veranlasst, im Vergleiche zu den gewöhnlich auf der Sus-

pensionsröhre befestigten Regulirmagneten den Vorzug, dass die Stabilität des Galvanometers nicht beeinträchtigt wird.

Der Eisenring ist beweglich und in verschiedenen Höhen festzuklemmen, die Empfindlichkeit wechselt mit der Einstellung des Ringes.

Französische und englische Firmen schliessen sich in der Construction ihrer Galvanometer mehr dem Thomson'schen astatischen Instrumente an.

Unter den französischen Apparaten sind diejenigen von Carpentier allgemein bekannt.

In letzterer Zeit hat Carpentier ein Galvanometer gefertigt, welches in vieler Hinsicht, namentlich in Bezug auf das Einsetzen des Spiegels, bequemer zu handhaben ist als das Thomson'sche astatische Originalinstrument.

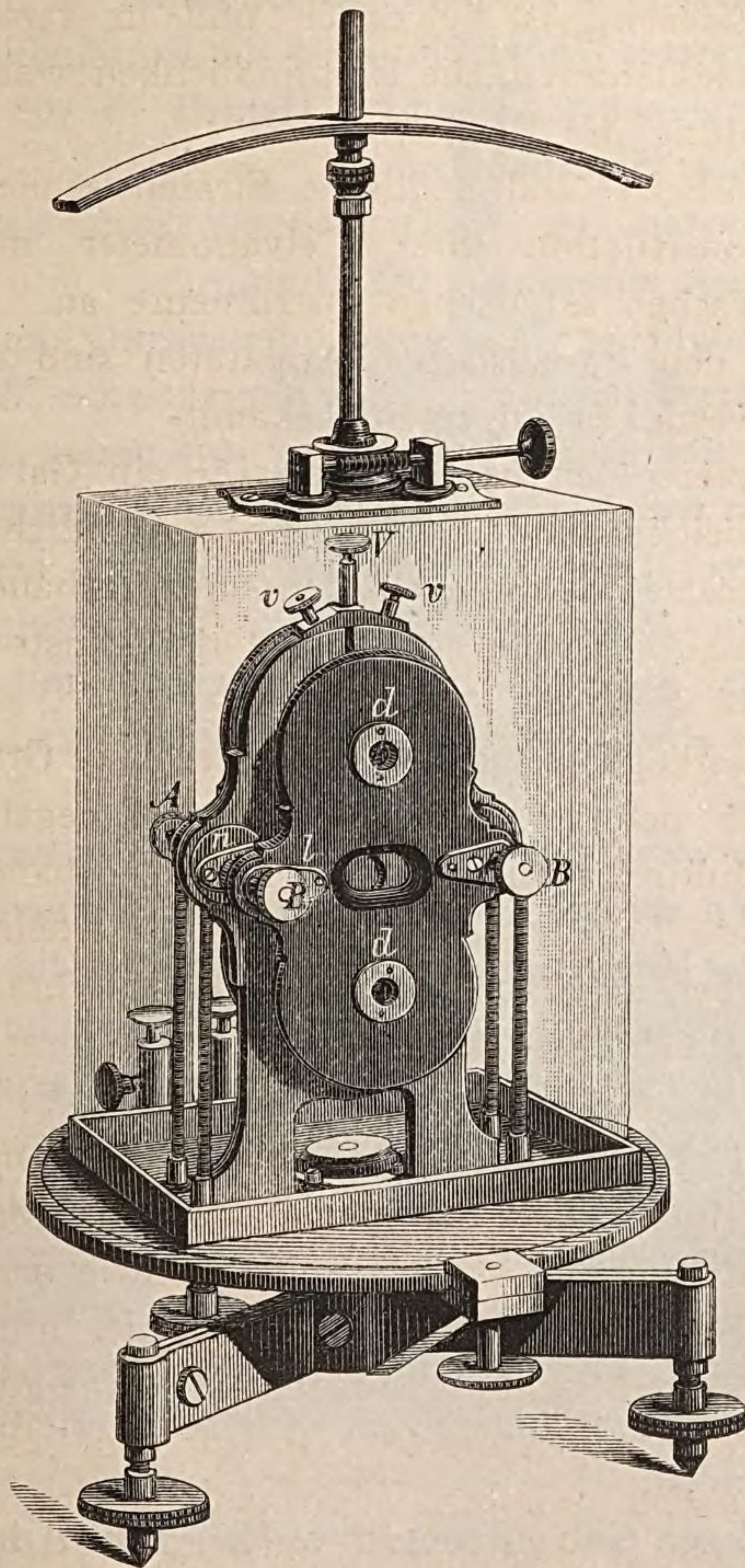
Fig. 23 giebt die Ansicht.

Ein starker Dreifuss trägt die drehbare Grundplatte, auf welcher sich das Gestelle für den Spiegel aufbaut.

Die Multiplicatorrollen, deren vier vorhanden, sind zu je zweien links und rechts an das Gestelle mittelst der Schrauben *B* anzuschrauben; diese Schrauben vermitteln zugleich die Stromleitung. Die Schraube *V* am oberen Theile des Instrumentes dient zum Einklemmen des Cocons. In der Mitte des Gestelles sieht man einen Ausschnitt, in welchem der Spiegel schwingt. Man könnte also das Instrument, da der Spiegel sowie das Gehäuse nicht universal gedreht werden kann, hier nur in einer ganz bestimmten Richtung aufstellen; um jedoch diesem Uebelstande entgegenzutreten, ist auf dem Glasgehäuse, welches das Galvanometer schützend umgiebt, ein Richtmagnet aufgesteckt, welcher, mittelst einer Schraube ohne Enden verstellbar, die Aufstellung in jedem Meridian ermöglicht.

Die Isolation der Multiplicatoren ist eine vorzügliche.

Fig. 23.



Die leichte Auswechselbarkeit der Spulen sicher diesem Instrumente eine vielseitige Anwendung zu.

Die Bewicklung mit Kupferdraht von 1 Millimeter Durchmesser giebt 12 Ohms, die mit Kupferdraht von 0.11 Millimeter 3000 Ohms Widerstand.

Bei letzterer Umwicklung ist die Empfindlichkeit bei 1 Meter Scalenabstand und 1 Daniell in 10^6 Ohms = 20 Millimeter Scalenablesung.

Das System der beiden Magnete sammt dem kleinen Spiegel wiegt zusammen 0.3 Gramm.

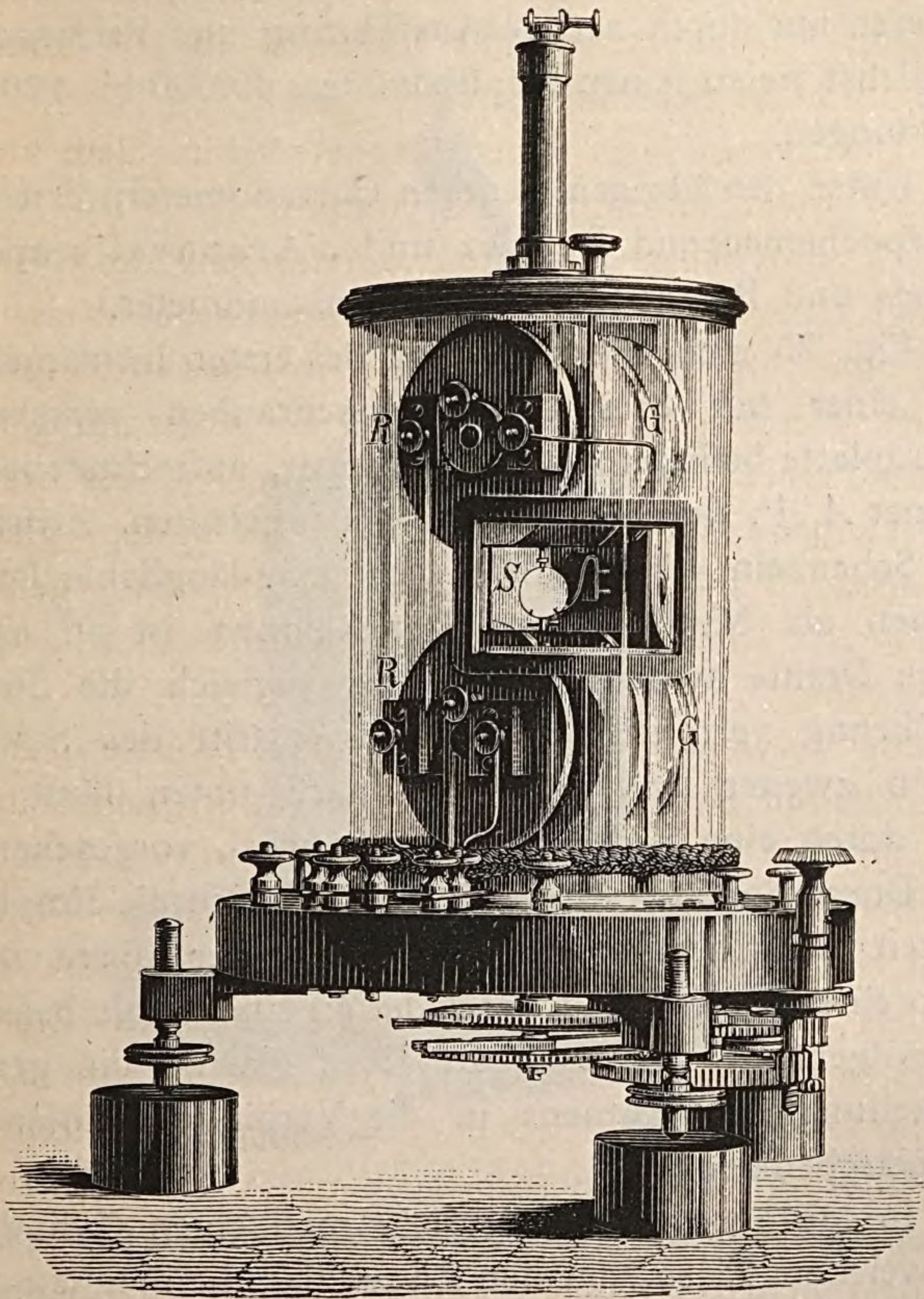
Die möglichst vollkommene Astasirung des Systemes erlangt Carpentier auf höchst praktische Weise. Es mag nicht überflüssig erscheinen, in Kurzem dieses Verfahren, von welchem man ja öfter bei Anfertigung feiner Galvanometer Gebrauch machen kann, zu beschreiben. Die kleinen Magnete werden zur Erlangung gleichen Härtegrades in einer Packung geglüht und gehärtet. Alsdann werden dieselben magnetisirt und getrennt aufbewahrt.

Bei Verwendung, welche erst einige Monate nach dem Magnetisiren erfolgen darf, werden die kleinen Stäbchen mittelst eines Magnetometers untersucht und die möglichst gleichen zu einem System verwendet. Manche Physiker schlagen unter Anderem vor, dergleichen Magnete durch warmes Wasser oder durch länger dauernde Erschütterungen in den Beharrungszustand überzuführen, ich glaube jedoch, dass durch ein derartiges Verfahren eine Schwächung des Magnetismus bis unter den Beharrungszustand eintritt, und dass die Methode Carpentier's, die Magnete unarmirt längere Zeit sich selbst zu überlassen, vorzuziehen ist.

Diejenigen Galvanometer, welche neben den Instrumenten Carpentier's den höchsten Ansprüchen der Empfindlichkeit genügen, werden hauptsächlich von englischen

Firmen, wie Elliott Brothers, Siemens Brothers u. a. m. nach dem Original der Thomson-astatischen Galvanometer gebaut; Fig. 24.

Fig. 24.



Das einfache Thomson-astatische Instrument hat mit dem Richtmagnet eine Höhe von 50 Centimeter. Der Durchmesser des Spiegels beträgt 6 bis 7 Millimeter. Die Magnete der unteren Rolle sind mit einem Alu-

miniumblechfähnchen verbunden, welches als Dämpfer wirkt.

Die feinsten astatischen Thomson - Galvanometer von Elliott Brothers unterscheiden sich von dem letzteren nur durch zartere Ausführung und Verwendung möglichst vielen feinen Kupferdrahtes, 60.000 bis 120.000 Windungen.

Unter den übrigen neueren Galvanometern erscheint als epochemachend Deprez und d'Arsonval's aperiodisches und Rosenthal's Mikrogalvanometer.

Fig. 25 giebt die Abbildung des ersten Instrumentes. Auf einer mit drei Correctionsschrauben versehenen Grundplatte befindet sich ein kräftiger, aufrechtstehender Magnet $A A'$, durch seitliche Stützen gehalten. Zwischen den Schenkeln schwingt ein rechteckig-länglicher Drahtrahmen als Multiplicator. Der Rahmen ist an einem feinen Drahte aufgehängt, welcher zugleich die Strom-einführung vermittelt. Für den Austritt des Stromes ist ein zweiter Draht, welcher nach unten läuft und dort durch eine Feder E gespannt wird, vorgesehen.

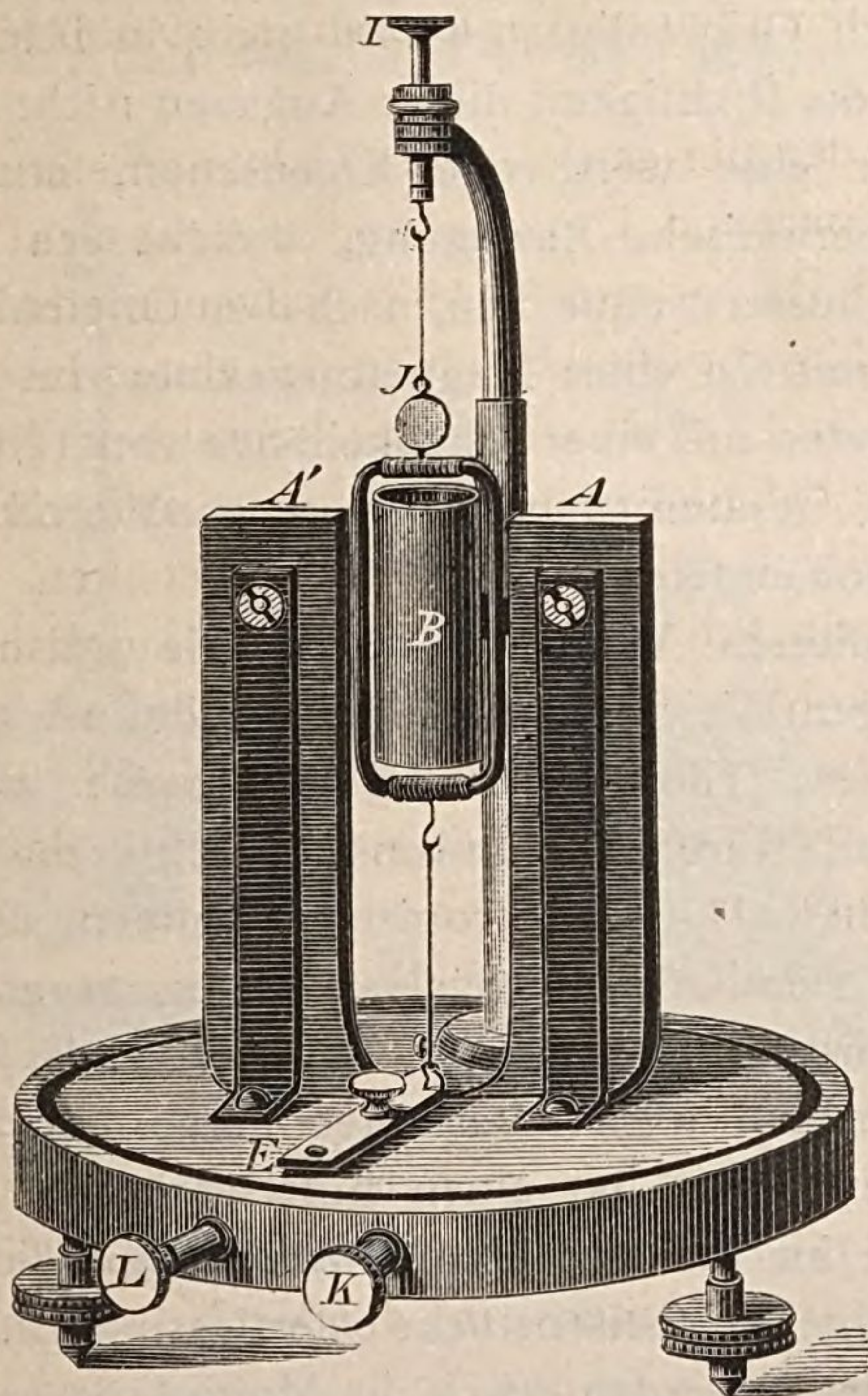
Durch Spannen dieser Feder lässt sich die Empfindlichkeit des Galvanometers variiren. Der obere Draht ist an einem drehbaren Kopf I , der an einer Säule befestigt ist, aufgehängt. Der drehbare Kopf bewirkt die genaue Einstellung des Rahmens in die Verbindungslinien der Magnetschenkel.

In Mitte des Rahmens sieht man einen Cylinder B aus weichem Eisen, der den Zweck hat, die magnetischen Kraftlinien in der Richtung des Rahmens zu concentriren, um ein möglichst hohes magnetisches Feld zu schaffen.

Mit dem Rahmen verbunden ist noch ein Spiegel J , durch welchen in bekannter Art die Ausschläge des

Instrumentes mittelst eines Ablesefernrohres beobachtet werden. In eine Nuthe der Grundplatte passend und das ganze Instrument deckend ist ein Glassturz gestellt.

Fig. 25.



Das Instrument ist praktisch, es erfordert einen viel geringeren Grad von Festigkeit des Aufstellungsortes als die meisten anderen Galvanometer, zudem ist dasselbe in jedem Meridiane aufzustellen, und zwar ohne die bei dem Spiegelgalvanometer nöthigen Vorarbeiten vornehmen zu müssen.

Sollte seine Empfindlichkeit das vom Verfertiger angegebene Mass: 1 Daniell in 10 Millionen Ohms bei 1 Meter Scalenentfernung 2 Millimeter Ausschlag, erreichen, so wäre für alle praktischen Widerstandsmessungen ein Instrument von genügender Empfindlichkeit geschaffen.

Da ich Originalinstrumente nicht in Händen hatte, kann ich die Richtigkeit dieser Angaben nicht bestätigen, wohl aber eine werthvolle Eigenschaft, nämlich eine nahezu aperiodische Bewegung, welche ich an einem ähnlichen, äusserst einfachen, nach dem Originale gebauten Apparate mittelst eines Magnetmagazines von sechs Hufeisenmagneten mit einer Schenkellänge von 12 Centimeter und einer Gesamtttragkraft von annähernd 34 Kilogramm beobachtete.

Bei diesem Versuche waren die Polschuhe aus kreisförmigem Weicheisengusse hergestellt und umschlossen eine grössere Elongation des Rahmens; aus diesem Grunde wohl waren bei Anwendung schwächerer Ströme die Nadelausschläge der Stromstärke nahezu proportional.

Dr. Rosenthal's Mikrogalvanometer, gegenwärtig das empfindlichste Galvanometer, wird von der Firma M. Th. Edelman n in zwei Varianten hergestellt.

Die erste Art hat einen hufeisenförmig gebogenen Magneten, an dessen Polen senkrecht auf die Schenkel bogenförmige Weicheisenstücke befestigt sind $\alpha\gamma$. Diese Polverlängerungen werden durch die Multiplicatrollen T, S , kleine, circa 1 Centimeter äusseren Durchmesser haltende Beinspulen, mit sehr feinem Kupfer- oder Silberdrahte bewickelt, umschlossen. Die beiden Multiplicatoren sind in einen schmalen Hartgummistreifen eingelassen und dieser kann in eine Nuthe des den Magneten enge umschliessen. den Kupferdämpfers d eingeführt werden; Fig. 26 und 27

Die Bohrung des Dämpfers setzt sich nach oben in das Spiegelgehäuse *s* fort, unten ist sie mit einer Glasplatte geschlossen.

Das Spiegelgehäuse ist wie bei allen Edelmann'schen Instrumenten drehbar. Der Hauptkörper ruht auf zwei Messingsäulen und diese sind in eine Marmorplatte ein-

Fig. 26.

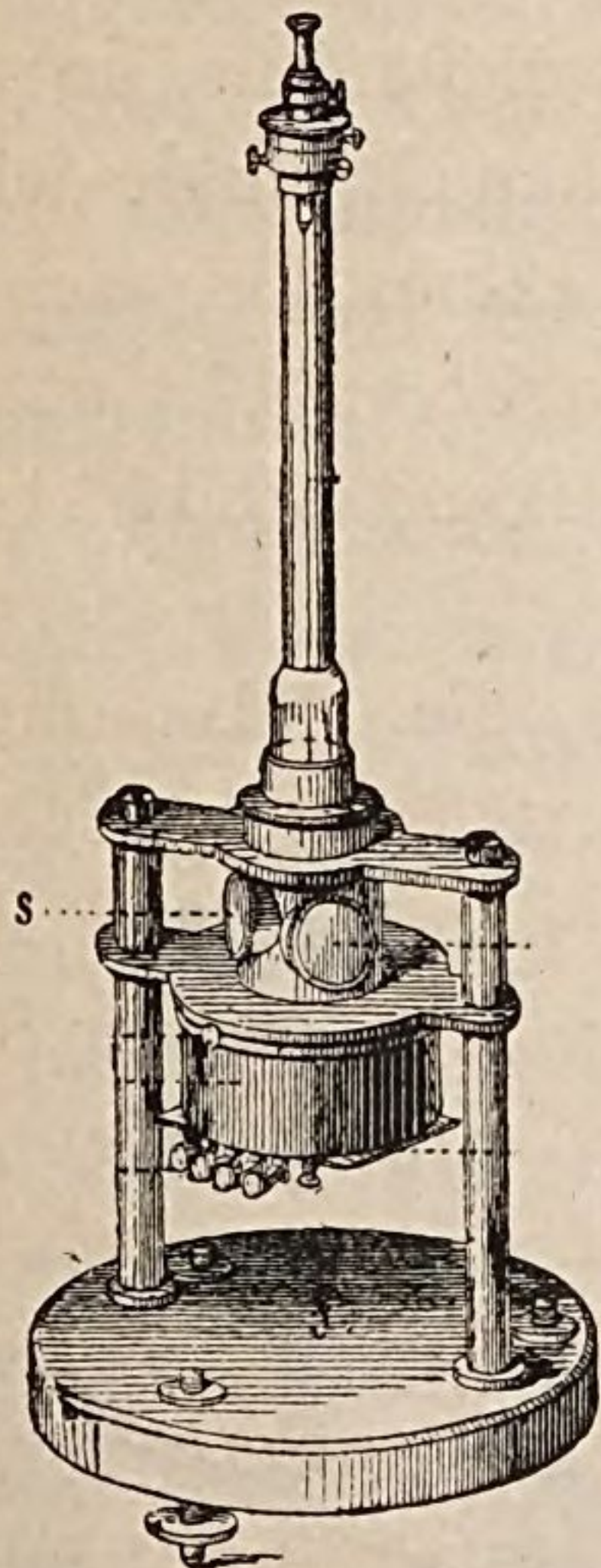
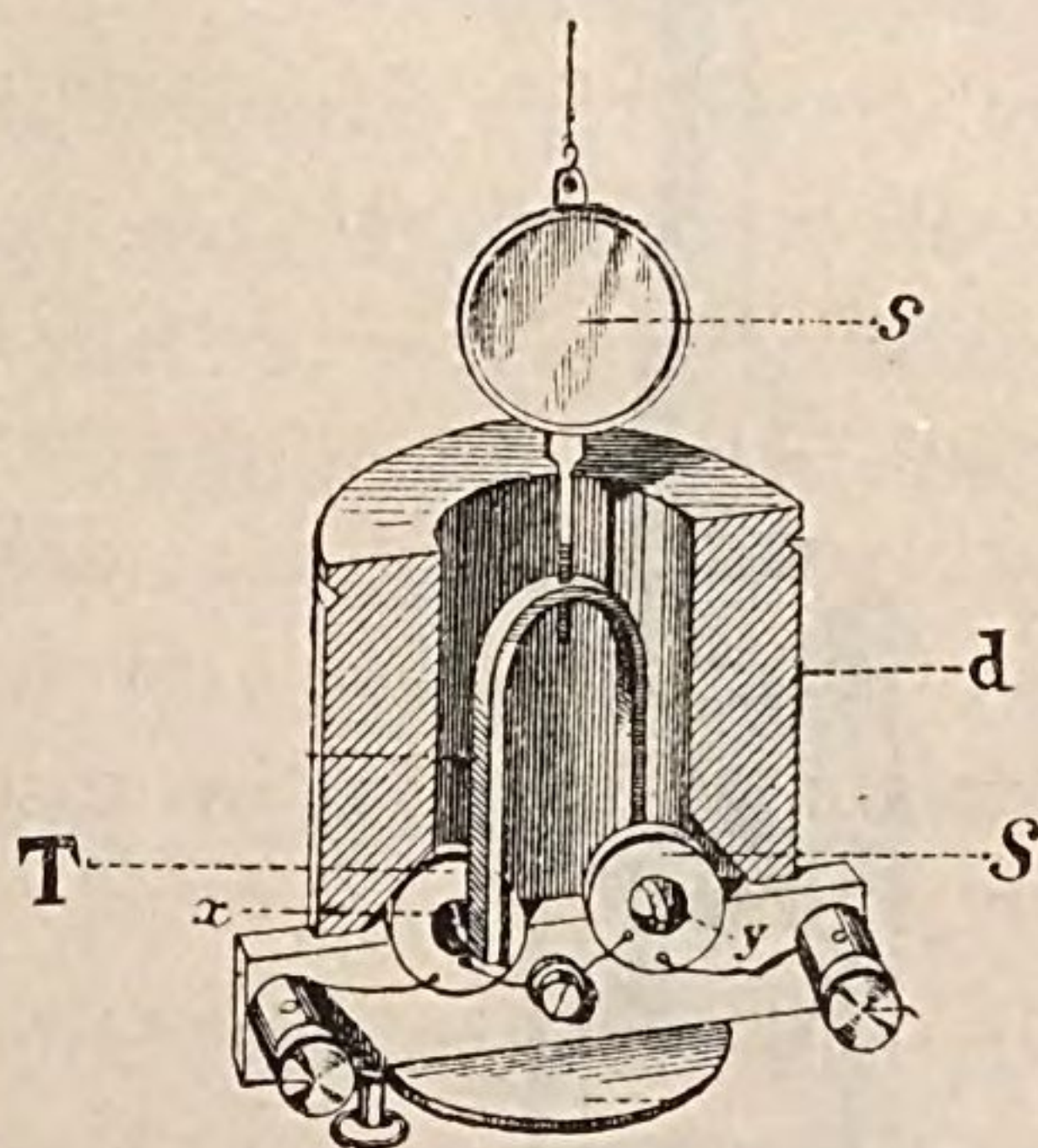


Fig. 27.



gelassen, welche letztere in üblicher Weise drei Corrections-schrauben trägt.

Unter Beibehaltung oben beschriebener äusserer Anordnung fertigt Dr. Edelmann das Rosenthal'sche Instrument auch astatisch, Fig. 28 und 29. Die innere Einrichtung unterscheidet sich insoferne, als hierbei eine astatische Doppelnadel *a*, in ähnlicher Weise mit kreisförmigen Polansätzen *sn*, *ns* versehen, von vier Multiplicatoren beeinflusst wird. Diese Anordnung lässt

bei 30–80 Ohm Widerstand den sehr bedeutenden Empfindlichkeitsgrad von 1^0 bei 2 Meter Scalenabstand durch 0.000000001 Ampère erzielen.

Fig. 28.

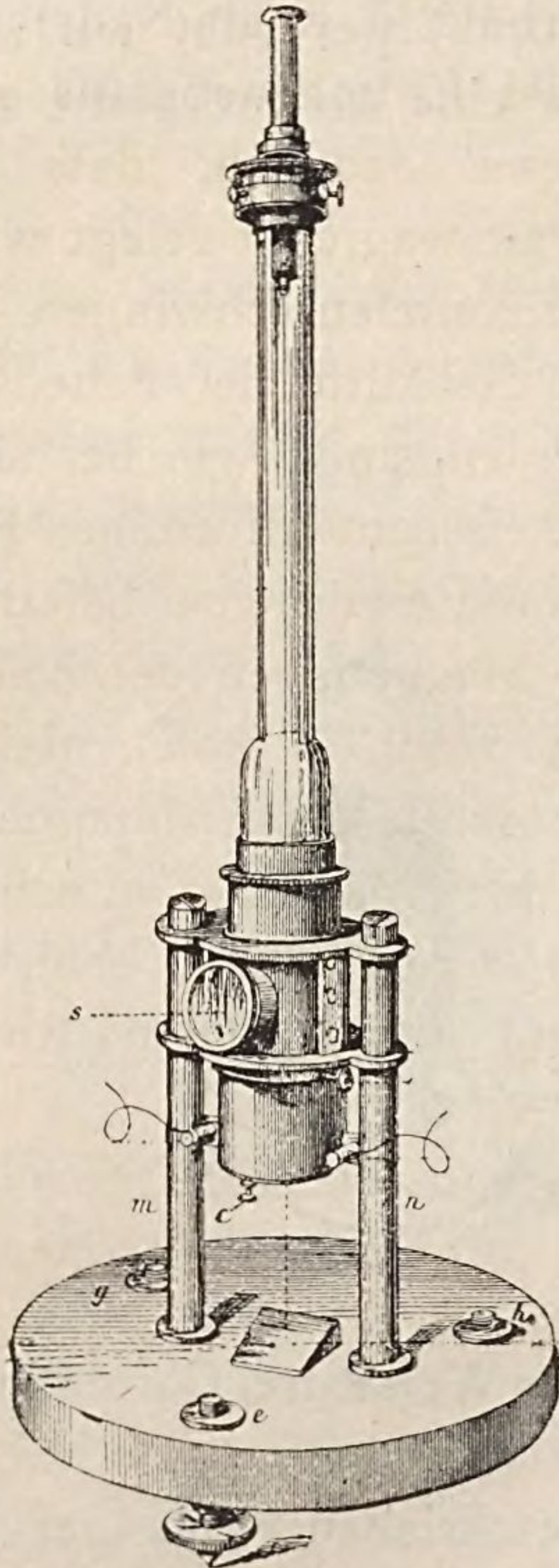
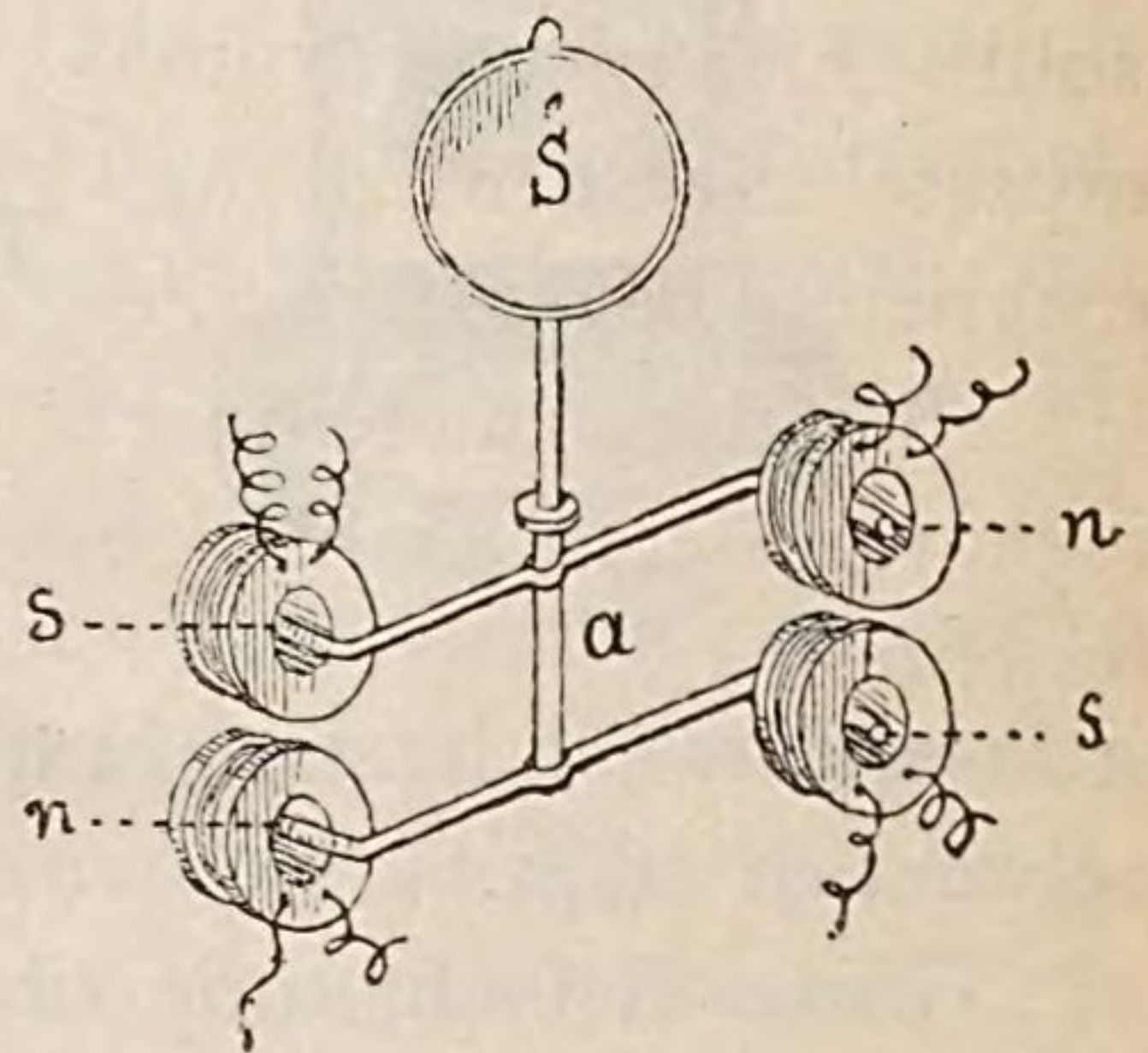


Fig. 29.



Das Mikrogalvanometer eignet sich hauptsächlich für Nullmethoden, ferner für Messung von Thermoströmen, während für Kabelmessungen wohl die gebräuchlichen Galvanometer mit hohem Multiplicatorenwiderstande vorgezogen werden. Das nicht astatische Mikrogalvanometer aus Edelmann's Werkstätten hat 30 Ohm, das astatische

bis 80 Ohm. Sollte unter Beibehaltung des sehr geringen Widerstandes von 30 Ohm jedoch die höchste Empfindlichkeit erreicht werden, so ist es nothwendig, das Mikrogalvanometer in solcher Form zu construiren, dass die einfache Nadel sich astatisch verhält, d. h. als Nadel mit nur zwei Polen der Nichtkraft des Erdmagnetismus entzogen wird. Man erreicht dieses dadurch, dass der schwingende Hufeisenmagnet derart wagrecht gelegt wird, dass dessen Schenkel in der Horizontalen schwingen, die Drehaxe also annähernd durch die Mitte der Schenkelänge geht. An den beiden Polen sind, wie bei allen Mikrogalvanometern, weiche kreissegmentförmige Polappen, welche in die Multiplicatoren eindringen, befestigt. Bei einiger Vorsicht gelingt das Magnetisiren der beiden Schenkel des Hufeisenmagneten wohl in solch gleichmässiger Stärke, dass die Componente des Erdmagnetismus nur gering auf einen solchen Magneten einwirkt; sollte hierbei die Nulllage eine veränderliche sein, so müsste die Einstellung auf Null durch einen Richtmagneten bewirkt werden.

Bei der Aufstellung des Instrumentes hat man das jedem anderen Galvanometer zukommende Verfahren zu beachten.

Die Elektrodynamometer.

Die Verwendung der Elektrodynamometer für schwache Ströme in Laboratorien ist neueren Datums. Zwar ist das Quinke'sche Elektrodynamometer, das dem Weber'schen ähnlich, zu rein wissenschaftlichen Arbeiten schon längst in Händen der Physiker, allein erst das Studium telephonischer Apparate hat eine Umwandlung besagter Instrumente für diesen Gebrauch hervorgerufen, und diese neueren Elektrodynamometer haben Eingang in das Laboratorium des Elektrotechnikers gefunden. Ein bekanntes Elektrodynamometer, welches zwar nicht für telephonische Versuche speciell gebaut wurde, ist das Instrument nach Kohlrausch. Das Kohlrausch'sche Elektrodynamometer schliesst sich in den Grundformen enge an das Weber'sche Instrument an. Auf einem Holzdreifusse ist ein doppelter Rahmen, gleichfalls aus Holz gefertigt, aufgestellt. Der Rahmen trägt oben eine Messingplatte und diese die Suspensionsröhre mit dem Centrirkopfe. In der Höhlung des Rahmens schwingt die bewegliche, an einem sehr feinen Drahte aufgehängte kleine Rolle.

Ihre Drehaxe setzt sich nach unten in einem Platindraht fort, an dem eine Platinfahne befestigt ist.

Letztere schwingt in einem Becherglase zwischen zwei Platinblechen. Das Glas ist mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, die auch die Stromüberführung an die bewegliche Platte zu übernehmen hat, von welcher aus die Verbindung zur beweglichen Rolle statthat. Die Platinfahne hat ausserdem die Aufgabe, als Dämpfer zu wirken.

Man sieht, dass das Instrument recht einfach construirt ist; der Mangel eines drehbaren Spiegelgehäuses dürfte jedoch in manchen Räumlichkeiten dessen Aufstellung unmöglich machen.

Da der ganze Apparat grösstentheils aus Holz gefertigt, so ist das Auftreten von Inductionswirkungen nicht zu befürchten, ob hierdurch aber jene Beständigkeit, die bei einem modernen Messinstrumente bedingt werden muss, eingehalten werden kann, möchte ich dem Urtheile der Fachmänner anheimstellen.

Constructiv vollkommener sind jedenfalls die Edelmann'schen Instrumente. Aus den Werkstätten Edelmann's gehen drei verschiedenen Zwecken dienende Elektrodynamometer hervor. Ich beschränke mich auf die Beschreibung des von Edelmann modificirten Quinke'schen Apparates.

In einem mit Correctionsschrauben versehenen Messingdreifusse ist ein durchbohrter Conus eingesetzt, der nach abwärts in eine Messingröhre ausläuft, nach aufwärts den Träger für die Rollen, sowie den Gestellring hält. Aehnlich den Edelmann'schen Galvanometern Wiedemann'scher Form können die Multiplicatormrollen auf einer Messingschiene verschoben werden.

An Stelle des Kupferdämpfers ist die bewegliche Rolle aus Hartgummi mit vielen Windungen äusserst feinen Drahtes eingesetzt. Diese Rolle ist an zwei Drähten, einem durch die obere Suspensionsröhre kommenden und einem von unten durch den Hohlconus austretenden, aufgehängt. Behufs Spannung des unteren Drahtes sind sechs Schrauben, drei Druck- und drei Zugschrauben mit Winkelhaken vorgesehen.

Das Instrument erfordert eine durchbrochene Console, welche die untere Suspensionsröhre frei austreten lässt. Ein drehbares Spiegelgehäuse gestattet die Beobachtung in jedem Raume. Als Aufhängedrähte verwendet man feinste hartgezogene Stahldrähte.

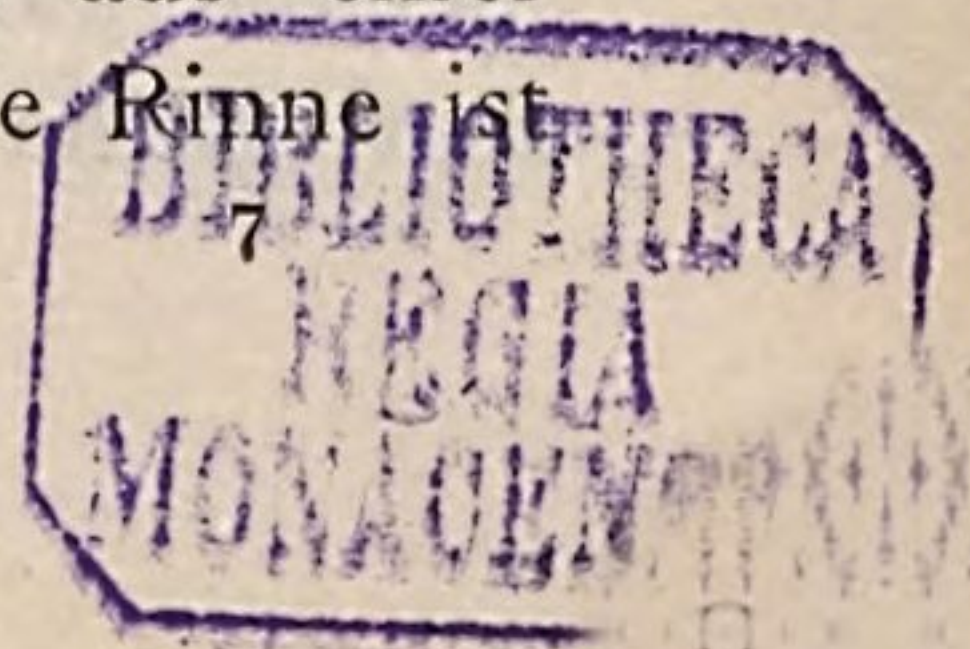
Der Aufstellung des Instrumentes geht das Einziehen dieser feinen Drähte voraus. Man nimmt den Torsionskopf ab und befestigt ein abgepasstes Drahtstück in die Klemmung desselben. Nach dem Aufsetzen des Kopfes wird das Ende des Drahtes im Spiegelgehäuse, dessen Mantel man nach oben geschoben hat, sichtbar sein. Das Ende wird nun in die Spiegelträgeraxe, beziehungsweise deren Klemme gebracht und fest verschraubt. In gleicher Weise wird der untere Zuführungsdraht an der Rolle befestigt und dessen unteres Ende an dem Klemmstifte der Messingplatte angemacht.

Unter Benützung der Hauptstellschrauben wird das freie Schweben der Rolle, sowie die concentrische Stellung der Drähte zu den Röhren erreicht. Schliesslich wird die Messingplatte durch die vorerwähnten Zug- und Druckschrauben fixirt. Die Windungsebene der beweglichen Rolle sucht man hierbei parallel zum magnetischen Meridian zu bringen. Die Multiplicatoren stehen senkrecht zum Meridian.

Das Elektrodynamometer von Fröhlich, von der Firma Siemens & Halske ausgeführt, hat als hauptähnliche Verbesserung die möglichst genaue Umschliessung der beweglichen Rolle durch die beiden fixen Rollen aufzuweisen. (Fig. 30.)

Auf einer mit Stellschrauben versehenen Grundplatte ist ein Winkelstück aufgeschraubt, dessen obere Plattform den Träger für das Spiegelgehäuse und das Suspensionsrohr bildet. In dem senkrecht stehenden Mitteltheile des Winkels sind vier Schrauben zur Befestigung der beiden Multiplicatorrollen eingeschlossen. Die eine der Rollen ist nach Lösung von vier Schraubenmuttern leicht abzunehmen. Die kleine Rolle ist kugelförmig, demgemäss auch die Innenwände der sie umschliessenden Multiplicatoren nach Kugelsegmenten ausgedreht. Die Drahtwicklungen schliessen sich diesen Formen nach Möglichkeit an.

Auf der Suspensionsröhre ist ein kleiner Torsionskopf aufgesetzt, an welchem der als Aufhängefaden dienende Platindraht von 0.04 Millimeter befestigt ist. Der untere Theil ist an den Spiegelträger geklemmt und leitend mit dem einen Ende des Drahtes auf der beweglichen Rolle verbunden. Die Rolle trägt als Verlängerung nach abwärts einen dünnen Stab, der an einem Querträger zwei in einer Wasserrinne schwimmende Bleche hält. Der Querträger, ein dünner Blechstreifen, ist an denjenigen Stellen, an welchen er in das Wasser eintritt, messerartig zugefeilt. Den Mittelpunkt der Wasserrinne nimmt eine Höhlung ein, durch welche eine Spirale als zweite Stromzuführung für die bewegliche Rolle eintritt. Das Niveau der Rinne wird durch eine seitlich angebrachte Mariotte'sche Flasche, aus einer Messingröhre gebildet, constant erhalten. Die Rinne ist

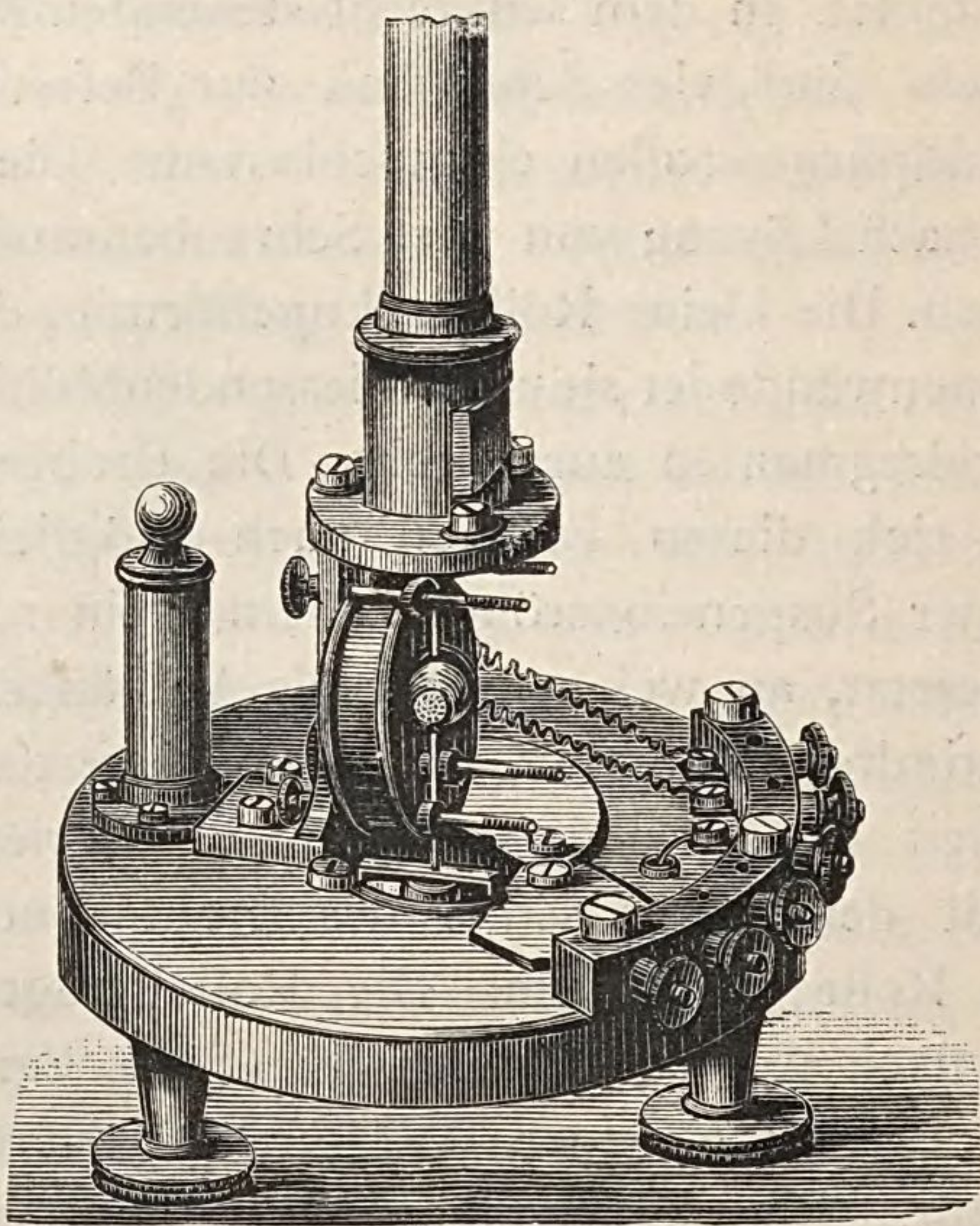


durch zwei verschiebbare Messingdeckel zu schliessen. Am Rande der Grundplatte sind, an einem Hartgummistücke befestigt, sechs Klemmschrauben angebracht. Der Widerstand je einer Rolle beträgt 100 S. E.

Das Spiegelgehäuse ist allseitig drehbar.

Der Aufstellung geht das Einhängen des Platindrahtes voraus. Die Beweglichkeit der beweglichen Rolle kann man

Fig. 30.



nach Abnahme des einen Multiplikators leicht controliren, allenfalls durch Benützung der Stellschrauben hervorbringen.

Ein Siemenstelephon mit Hufeisenmagnet giebt bei starkem Ansingen und bei einem Scalenabstande von 2 Meter einen nachweisbaren Ausschlag. Die Empfindlichkeit kann durch Einlegen kleiner Eisenbündel in die bewegliche Rolle erhöht und verändert werden.

Das Elektrodynamometer nach Giltay unterscheidet sich wesentlich von den vorbeschriebenen Instrumenten und beruht auf einem von Bellati angegebenen neuen Constructionsprincipe.

Ersetzt man in einem Galvanometer die Magnetnadel durch einen sehr weichen Eisendraht, so wird derselbe als Nichtmagnet keine Ablenkung erhalten; wird der Eisendraht senkrecht zu den Multiplicatorwindungen gestellt, so wird derselbe nunmehr zwar magnetisirt und als Magnet wirken, kann jedoch, als in der Richtung des grössten Ausschlages stehend, keine weitergehende Bewegung vollführen. Giebt man dem Drahte jedoch eine beliebige Lage zwischen den vorbesprochenen äussersten Stellungen, so wird derselbe sowohl magnetisirt, als auch als Magnet abgelenkt. Diesen Vorgang hat Giltay zur Construction der von der Firma Kipp en Zonen in Delft ausgeführten Elektrodynamometer benützt.

Auf einer mit Stellschrauben versehenen hölzernen Grundplatte ist ein Multiplicator nach Art der Nobili'schen befestigt.

Die Windungen, welche im Ganzen 2400 betragen, sind in vier Abtheilungen, jede mit zugehörigen Klemmschrauben versehen, getrennt.

Der Kupferdraht hat 0.1 Millimeter. Der Rahmen ist mit einer Hartgummiplatte bedeckt. In diese sind zwei Linien eingerissen, deren erste parallel zu den Windungen läuft, die zweite aber einen Winkel von 45^0 damit bildet. In die Grundplatte sind drei Säulen eingelassen, welche oben durch eine die Suspensionsröhre tragende Messingplatte wieder verbunden sind. Ueber diese Messingplatte lässt sich ein geschwärzter Cylinder mit seitlichem

Fenster schieben. Der Cylinder bildet den Schutz gegen Luftströmungen und versieht die Stelle des Spiegelgehäuses. Das im Fenster eingesetzte Planparallelglas hat zur Verhinderung der Reflexbilder eine geringe Neigung gegen die Verticale.

An Stelle der Magnetnadel tritt ein Drahtbündel von folgender Construction:

Ein dünnes Hartgummirohr hält eine Anzahl 0·4 Millimeter dicker und 18 Millimeter langer, sorgfältig geglühter Eisendrähte eingeschlossen. Dieses Bündel schwingt im Innern des Multiplicatorrahmens. Das Hartgummirohr setzt sich nach oben in einem Stäbchen fort, durch welches eine weisse Schweinsborste parallel zur Axe des Bündels gesteckt ist. Diese Borste schwingt ausserhalb des Multiplicatorrahmens und oberhalb der Hartgummiplatte. Das Stäbchen geht in einen Messingdraht über, der am oberen Ende ein Häkchen zum Einhängen der Cocons bildet. Der Draht ist Träger des Ablesespiegels. Das System ist bifilar aufgehängt; die Cocons haben einen Abstand von circa 0·3 Millimeter und eine Länge von 30 Centimeter.

Bei Aufstellung des Apparates hat man die Windungsebene zum magnetischen Meridian in einen Winkel von 45^0 zu bringen. Man erkennt die richtige Einstellung daraus, dass man beim Hineinblicken durch das Spiegel Fenster das Einspielen der Borste auf dem Theilstriche ersieht, der mit der Windungsebene einen Winkel von 45^0 bildet.

Die Schwingungszeit des Spiegels sammt Eisenbündel beträgt circa 15 Secunden.

Die Empfindlichkeit des Instrumentes ist eine bedeutende. Beispielsweise giebt es bei 2 Meter Scalen-

abstand, unter leisem Sprechen gegen ein Siemens'sches Hufeisentelephon, 100 Millimeter Ausschlag. Bei kräftigem Ansingen des gleichen Telephons schlägt das System bis 90° aus.

Giltay warnt jedoch, stärkere Ströme durch das Elektrodynamometer zu schicken, weil hierdurch remanenter Magnetismus im Bündel zurückbleibt. Er giebt für den Fall, dass zufälligerweise remanenter Magnetismus vorhanden wäre, ein einfaches Mittel an, denselben zu zerstören, ohne das Eisenbündel dem Ausglühen unterwerfen zu müssen. Man verbindet ein Siemens'sches Hufeisentelephon mit dem Elektrodynamometer, ruft anfänglich sehr kräftig den Vocal O in dasselbe und schwächt allmählich die Stärke des Tones ab, oder entfernt sich von der Schallöffnung. Ist das Experiment geglückt, der remanente Magnetismus also vollständig aufgehoben, so wird der Spiegel auf dem anfänglichen Nullpunkte einspielen.

Durch die bedeutenden Ausschläge, die sich beim Ansingen zeigen, gelangt das Bündel öfter in eine für die Stromeinwirkungen ungünstige Lage, es wird daher vorkommen, das Experiment des Entmagnetisirens öfter vornehmen zu müssen.

Für kleine Ablenkungen können die Ausschläge den Quadraten der Stromintensitäten proportional gesetzt werden.

Das Giltay-Instrument ist speciell für Telephonstudien construirt, es hat vor den übrigen vorbeschriebenen Instrumenten den Vorzug der grössten Empfindlichkeit, zudem ist dessen Construction so einfach, dass jedes Laboratorium sich einen älteren Multiplicator leicht zum Giltay-Elektrodynamometer umbauen kann. Der Preis

der Originalapparate ist ausserdem ein äusserst mässiger. Trotz der bislang erreichten hohen Empfindlichkeit benöthigt der Forscher sowohl, als auch der Fabrikant telephonischer Apparate ein Instrument mit noch grösserer Empfindlichkeit. Gerade für viele strittige Punkte in Bezug auf Abhängigkeit der Eigenschwingung dünner und dicker Membranen, deren schwächende Rückwirkung auf massive und compacte Eisenkerne und dergleichen Vorgänge, dürfte ein Apparat mit erhöhter Empfindlichkeit der Wissenschaft wie der Praxis namhaften Gewinn bringen.

Bei Betrachtung des Rosenthal'schen Mikrogalvanometers, sowie der bedeutenden Empfindlichkeit dieses Instrumentes bei Verwendung eines sehr geringen Drahtwiderstandes drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, die gleichen Constructionsprincipien auch auf Elektrodynamometer zu übertragen.

Die zuletzt beschriebene Abänderung des Rosenthal'schen Instrumentes mit liegendem Hufeisenmagnet scheint mir unter Ersatz des letzteren durch ein dem Hufeisen gleich geformtes, mit feinem Kupferdrahte übersponnenes Drahtbündel (neun Drähte feinsten französischen Blumendrahtes) besonders geeignet, ein Elektrodynamometer von bedeutender Empfindlichkeit zu geben.

Die beiden ablenkenden Rollen von annähernd 2 Centimeter äusserem Durchmesser ständen senkrecht übereinander. Die Stromleitung wäre mit Hilfe zweier, je unter einem Schenkel sich befindlicher, in der Drehaxe liegender Quecksilbernäpfe zu bewirken, die Aufhängung an einem Cocon und die Ablesung in bekannter Weise durch Spiegel zu bewerkstelligen.

Für Laboratorien, deren Zweck specielles Studium der Telephonie ist, dürften zwei dieser gewiss einfachen Instrumente nothwendig sein. In dem einen, für kurz dauernde Stromimpulse anzuwendenden, müsste hauptsächlich darauf Bedacht genommen werden, das Trägheitsmoment des Schwingungskörpers möglichst einzuschränken. Theilweise könnte man dieses dadurch erreichen, dass man das Gewicht der Nadel möglichst gering wählt; da aber hierdurch im Allgemeinen die Umwicklungszahl, mithin die magnetische Kraft vermindert würde, so ist dieser Weg nur mit gewisser, ziemlich enger Beschränkung einzuschlagen. Einfacher ist es, die Nadelform also abzuändern, dass die Massen möglichst nach der Axe liegen, derart, dass vielleicht die Krümmung des gedachten Hufeisens hier eine Gerade bildet und diese selbst in der Axe liegt. Die beiden in die Spulenöffnung eindringenden Pole können gleichfalls in geringster Entfernung von der Axe angebogen werden. Die Zuführungen müssten bei dieser Construction ober- und unterhalb des Schwingungskörpers liegen. Für manche Versuche dürfte eine Dämpfung in Form der Töpler'schen Luftdämpfungen durch ein die Pole ausbalancirendes Cartonblatt angenehm sein.

Das zweite Instrument, für dauernde Stromeinwirkungen gebaut, ist mit dem erstbeschriebenen mit liegendem hufeisenförmigen Drehkörper gleich.

Im Interesse der ziemlich vernachlässigten wirklich wissenschaftlichen Forschungen im Gebiete des Telephonbaues dürfte die obige Mittheilung einer Constructions-idee Entschuldigung finden.

Die Stromquellen.

Mannigfaltiger als die Messinstrumente, noch weit verschiedenere Anforderungen genügend, doch jedem einzelnen Elektrotechniker unentbehrlich, ist die Reihe der Stromquellen.

Im praktischen Dienste der Elektrotechnik finden sich allerdings nur die Rotationsmaschinen, die Thermosäulen und die galvanischen Elemente.

Rotationsmaschinen scheiden sich elektrisch in Magnet- und Dynamo-Maschinen, mechanisch in Maschinen für Hand-, respective Fussbetrieb, und in Maschinen für Motoren.

Grössere Laboratorien haben heutzutage fast alle kleine Dynamomaschinen, welche im Grossen und Ganzen Grammeringe oder Siemensstrommeln, einige ältere auch Siemensinductoren besitzen.

Ein Paar ausgezeichnete Vertreter ersterer Art sind die Grammemaschinen der Firma Breguet und die Trommelmaschinen der Firma Siemens und Halske.

Beide Maschinen, namentlich die stärkere Trommelmaschine, leistet alles das, was füglich von solch kleinem Apparat verlangt werden kann, zudem sind die Magnet-

maschinen weit unabhängiger von Stromschwankungen und Widerstandsveränderungen im äusseren Schliessungsbogen.

Da aber oft zur Demonstration des dynamoelektrischen Principes eine Dynamomaschine vorgezogen wird, so möchte ich auch auf einige Vertreter dieser Art hingewiesen haben.

Kröttlinger in Wien ist es vor Allen, der kleine Maschinen praktisch bei äusserst billigen Preisen fabricirt.

Seine Maschinen zeichnen sich hauptsächlich durch ein festes, nicht wackeliges Gestelle, sowie dadurch, dass sie geringe Betriebskraft erfordern, aus.

Namentlich letzteren Punkt halte ich unter Anderem für besonders wichtig, so dass ich andere sonst ausgezeichnete Maschinen ihres schweren Ganges halber für Handbetrieb nicht empfehlen kann.

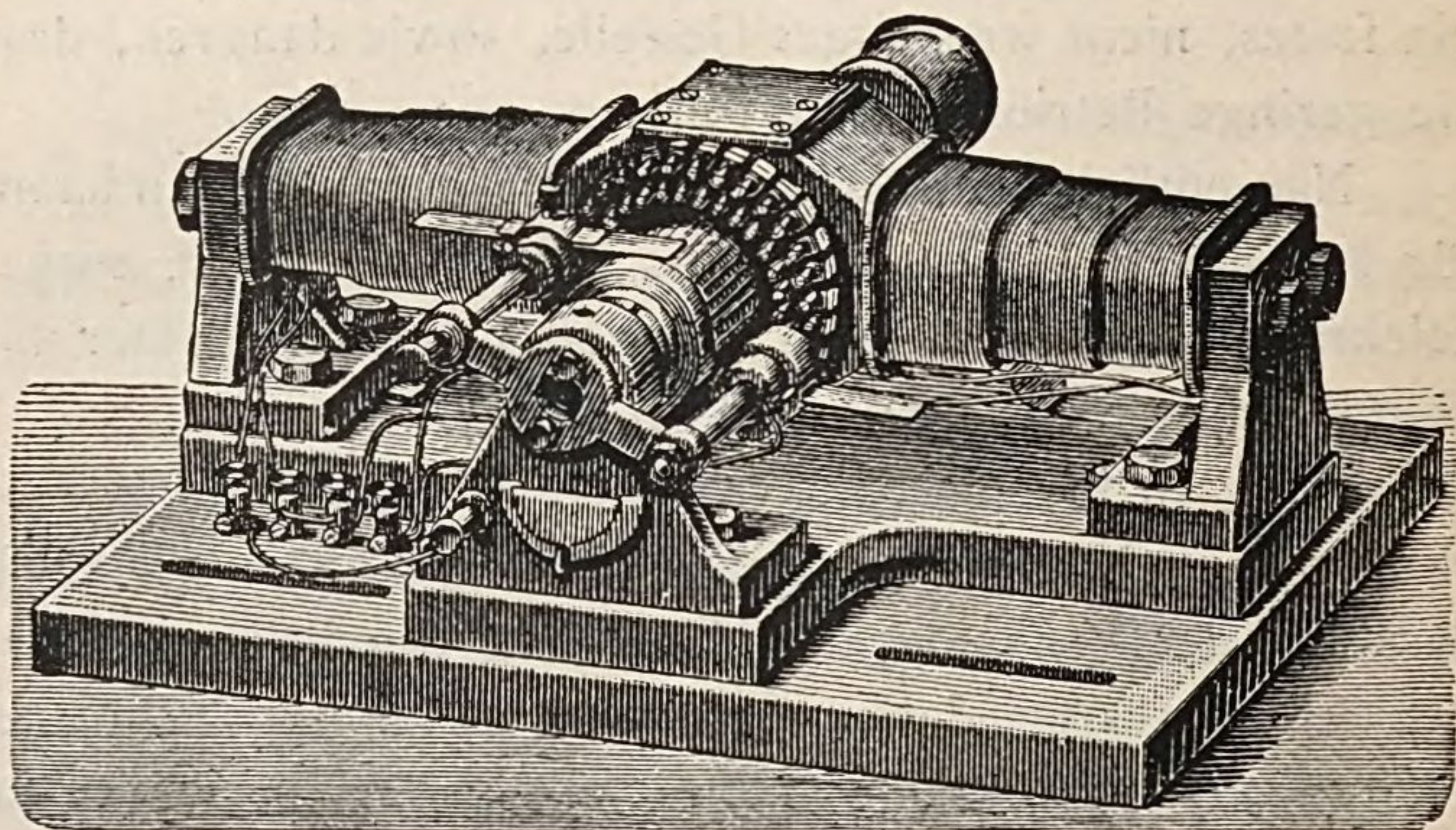
Fein in Stuttgart liefert gleichfalls Dynamomaschinen von recht eleganter Bauart, ich muss aber gestehen, dass bei der hochgelegenen Lagerung des Schwungrades der Apparat nur dann ohne unangenehmes Schütteln verwendet werden kann, wenn er mittelst dreier Schrauben am Boden befestigt ist.

Neuerlich scheint sich auch Fein von der Unzweckmässigkeit der Säule überzeugt zu haben, indem er zwei neue Modelle mit wesentlich festerem Aufbau construirte, welche auch in elektrischer Hinsicht Anerkennenswerthes leisten.

Ich bin der Ansicht, dass im Allgemeinen alle Versuche, namentlich Demonstrationsversuche im Hörsaale, ebensogut mit einer Tauchbatterie gemacht werden können, da die Mehrzahl dieser kleinen Dynamos eine zu grosse Betriebskraft erfordern, um auf einige Dauer

von Menschenhänden bewegt werden zu können, dass aber auch da, wo nur immer ein geeigneter Motor zur Verfügung steht, die Dynamomaschine in ihre Rechte einzutreten hat. Für ein- und zweipferdige Motoren ist die Nerz-Maschine (Fig. 31) aus Dr. Edelmann's Werkstätten sehr zu empfehlen, da sie neben dem Vortheil des Widerstandswechsels durch eine seitlich des Ringes angebrachte Schaltevorrichtung sehr demonstrativ gearbeitet ist, nicht schädlich warmläuft und eine niedere solide

Fig. 31.



Axenlagerung besitzt. Für zwei- und vierpferdige Motoren und darüber kann jede der bekannten Constructionen genommen werden, man sehe aber unter Anderem darauf, dass die Maschine bei längerer Versuchsdauer nicht warmläuft, dass die Lager die nöthige Länge haben und dass, falls Demonstrationsobject, ihre Construction selbst in den Details übersichtlich ist.

Der Nutzeffect ist bei derartigen Apparaten erst in zweiter Linie ausschlaggebend.

Beim Gebrauche und bei der Aufstellung der Dynamos merke man Folgendes:

Der Anker muss vollkommen leicht drehbar sein. Es ist deshalb darauf zu achten, dass die Lager richtig aufgeschraubt, dass die Lagerdeckel nicht zu streng angepresst werden, und dass die Bürsten ebenfalls auf das geringst zulässige Mass der Reibung eingestellt werden.

Die Oelung der Lager geschieht bei kleinen Handmaschinen am besten mit Klauenfettöl, bei grösseren mit gutem Schmieröl und mit Hilfe von Selbstölern oder mit der neuerdings von der Firma T o v o t e in Handel gebrachten Fettcomposition, wozu genannte Firma die Schmierbüchsen liefert.

Die Anwendung der Selbstöler erheischt einige Vorsicht. Ein Selbstöler besteht aus dem Glasgefässe, dem Holzstopfen und dem lothrechten Eisenstabe. Bei neuen Selbstölern kommt es nun nicht selten vor, dass in Folge des Oeles ein Aufquellen des Holzstopfens eintritt, wodurch der Ausfluss des Oeles unterbrochen oder mangelhaft wird, in Folge dessen leicht ein Warmlaufen des Lagers erfolgen kann.

In diesem Falle ist mittelst eines Bohrers und dergleichen der Querschnitt des Holzloches zu vergrössern, überhaupt ist aber beim erstmaligen Laufenlassen einer derartigen Maschine Vorsicht geboten; man überzeuge sich öfters durch Anfühlen von dem guten Zustande der Lager.

Hat ein Selbstöler längere Zeit ausser Gebrauch gestanden, so ist es gleichfalls rathsam, auf die Lager zu achten, besser aber noch dürfte es sein, die Oeler abzunehmen, den Stift mit Putzwolle gründlich abzureiben und neues Oel einzugiessen, da die Verharzung die Dünnsflüssigkeit, mithin den Transport zur Axe hindert.

Die Verbindung der Dynamomaschine mit dem Motor erfolgt fast stets durch Riemen. Das Einsenken des Riemens geschieht zwar in den häufigsten Fällen vom Monteur, der die Aufstellung des Motors leitet; eine kleine Nachcontrole dürfte theils des Studiums halber, theils zum Schutze des Objectes am Platze sein.

Schöne neue Riemen taugen in erster Linie zu nichts, kann man jedoch nicht in den Besitz eines schon gelaufenen Riemens gelangen, so lasse man den Riemen nur provisorisch zusammenheften, einige Tage laufen und lege bei Nacht zwischen die Riemenscheibe und den Riemen einige passende Holzstücke, welche die Dehnung des Riemens bezwecken. Ist der Riemen genügend gestreckt, so wird er abgeschrägt, verleimt und genäht. Die Anwendung von sogenannten Riemenschnallen ist bei allen Versuchen, welche einen constanten Strom verlangen, zu vermeiden. Ich kenne nur ein System, welches aushilfsweise die vernähten Riemen ersetzen könnte. Es besteht aus vier oder acht kleinen Mutterschrauben, welche die stumpf zusammentretenden Riemenenden durch ein drittes darübergelegtes Riemenstück, das besonders biegsam sein soll, verbinden. Die Spannung des Riemens erfordert die vollkommenste Aufmerksamkeit, indem schlaffgespannte Riemen gleiten, zu stark gespannte aber die Lager, namentlich kleinerer Maschinen, in kurzer Zeit zerstören.

Das Mittel gegen das Gleiten derselben ist die Einstreuerung von gepulvertem Kolophonium.

Die beste Art, die Riemenspannung zu corrigiren, besteht darin, dass man die Dynamomaschine mittelst eines verstellbaren Bettes und mit Hilfe zweier Schrauben von dem Motor beliebig entfernen kann, eine Methode,

die durch die Aufstellungsart der bekannten Edison-Maschine gekennzeichnet ist.

Billiger lässt sich auch der gleiche Effect durch Schlitzen der Löcher erreichen, durch welche die Maschine mit ihrem Fundament verbunden ist.

Ausser dem Vorerwähnten bildet ein gutes Fundament einen Hauptfactor für die Betriebssicherheit und für die Dauerhaftigkeit der Maschine.

Es kann niemals, selbst nicht bei kleinen Maschinen, angerathen werden, dieselben einfach auf die Bodendielen zu befestigen, vielmehr ist im schlimmsten Falle zur Befestigung ein stärkerer Durchzugsbalken, sogenannter Tram, zu benützen. In vielen Fällen ist jedoch die Basis derartiger Maschinen grösser, als dass sich die Befestigungsschrauben auf einem solchen Balken vereinigen liessen, aber nicht gross genug, zwei derartige Balken zu verbinden.

In diesem Falle möchte ich rathen, zwei dieser Balken durch zwei andere senkrecht darauf gedachte Balken zu verbinden und auf diese die Maschine zu montiren. Die oberen Balken bestehen am besten aus Eichenholz; ihre Befestigung geschehe mittelst grosser Holzschrauben mit Schlüsselköpfen, sogenannter Patentschrauben, besser vielleicht noch durch Schrauben mit Gegenmuttern.

Dem Capitel der Dynamomaschinen möchte ich noch folgende Fingerzeige anfügen. Das Anlassen, das heisst die Inbetriebsetzung der Maschine, geschehe so langsam, als der Motor es überhaupt gestattet; kurzer Schluss der Maschine ist stets zu vermeiden. Soll der Strom unterbrochen werden, so nehme man zuerst immer einen Rheostaten und lasse die Maschine mit

dem eingeschalteten Widerstande fortlaufen. Kurzer Schluss bewirkt sehr oft das Durchschlagen, das heisst die Verletzung der Isolation der Trommel oder des Ringes, zum Mindesten aber wird der Motor, der Riemen und die Axen unnöthigerweise und hauptsächlich wegen der momentan grösseren Kraftleistung stossweise, also schädlich beansprucht.

Die Einstellung der Stromabnehmer, Besen oder Bürsten genannt, ist durch den gegebenen äusseren Widerstand und durch die Tourenzahl der Maschine bedingt. Die Normalstellung ist bei den meisten Maschinen schon durch den Fabrikanten mittelst einer Marke gekennzeichnet.

Wechselt aber die Tourenzahl oder der Widerstand oder die elektromotorische Gegenkraft bedeutend, so ist die Verschiebung des Stromabnehmers angezeigt. Am richtigsten wird man in der Weise verfahren, dass die Bürsten die kleinsten oder kaum merkliche Funken zeigen. Ist bei denselben jedoch ein beständiges Sprühen bemerkbar, so ist anzunehmen, dass die Maschine nach irgend einer Richtung, sei es durch zu hohe Tourenzahl, sei es durch zu geringen Widerstand im äusseren Stromkreise, übermässig beansprucht wird.

In diesem Falle ist anzurathen, das Augenmerk auf die von dem rotirenden Körper fortgeschleuderte Luft zu richten und falls dieselbe eine starke Temperaturerhöhung anzeigen sollte, das Experiment zu unterbrechen.

Die Drahtleitung besteht am besten aus mit asphaltirter Jute übersponnenem Kupferdraht; sie ist, soweit sie an Mauern geführt wird, mittelst Holzklammern in einer gegenseitigen Entfernung von 10 Centimeter zu

befestigen, in der Nähe der Messinstrumente jedoch spiralförmig zusammenzudrehen.

Der Durchmesser des möglichst reinen Kupferdrahtes dürfte für die in Laboratorien angewendeten Maschinen und auf eine Entfernung von nicht über 50 Meter zu 2 Millimeter meistens genügend sein. —

Die Thermosäulen mögen nur in Kürze erwähnt werden. Obwohl gerade sie, wie ich glaube, die Stromquellen der Zukunft sein werden, ist ihre Leistungsfähigkeit heute auf einem zu niedrigen Standpunkte.

Für Laboratorien, welche über Gasleitung verfügen, dürfte übrigens die Anschaffung einer kleinen Thermosäule nach Noë (von Gustav Rebiček in Prag) zu empfehlen sein. Die Bequemlichkeit der sofortigen Inangasetzung, Reinlichkeit, eine genügende Constanz des Stromes, sowie der Umstand, dass dieselben nicht den geringsten Zeitaufwand für Pflege und Unterhaltung erfordern, sind Eigenschaften, welche den Ankauf dieses Apparates wohl rechtfertigen; und gerade diese Eigenschaften haben es vermocht, dass die Thermosäule, trotz des geringen Nutzeffectes, in vielen galvanoplastischen Anstalten zu Laboratoriumszwecken Eingang gefunden hat. Die Behandlung dieser Apparate ist äusserst einfach, bedarf deshalb keiner Beschreibung; man hüte sich nur, den von dem Verfertiger angegebenen höchsten Hitzegrad zu überschreiten, indem ausser der Gefahr des Schmelzens der Heizstifte auch zu befürchten ist, dass eine dauernde Veränderung des inneren Widerstandes der Säule auftreten kann. —

Am meisten Anwendung als Stromquellen finden heute noch die Batterien. Es kann bei der grossen Zahl von Varianten nicht die Aufgabe sein, dieselben näher

zu beschreiben, zumal vorzügliche Werke *) über diesen Gegenstand existiren, ich beschränke mich vielmehr darauf, Fingerzeige zu geben, wodurch Jedermann im Stande ist, die für den Gebrauch nothwendigen Elemente zu wählen.

Der Elektriker bedarf hauptsächlich drei verschiedener Gattungen von Elementen, welche jede eine besondere Wirkung zu erzeugen im Stande ist.

Zur ersten Gattung gehören diejenigen Elemente, welche zu länger dauernden Versuchen zusammengestellt werden und eine grösstmögliche Constanz aufweisen sollen. Die Zahl der in diese Gattung einzureihenden Formen ist gerade nicht sehr bedeutend. Zu den besten Repräsentanten zählt das Daniellelement. Seine Zusammenstellung wechselt; die beste Art dürfte folgende sein:

In einem ziemlich grossen Glase befindet sich, bis zur halben Höhe reichend, ein Kupferblechcylinder mit nach aufwärts gebogenem, von dem Hauptbleche durch einen Schnitt abgetrennten Kupferstück, dem die Stromleitung zufällt. Diese Methode halte ich für besser als alle anderen, bei welchen der Leiter durch Löthen oder Nieten an das Blech befestigt wird.

Innerhalb des Kupfercylinders befindet sich die Thonzelle. Um das Durchwachsen der Kupferkrystalle zu verhindern, taucht man dieselben, nachdem sie mässig erwärmt wurden, in geschmolzenes Paraffin derart, dass der Boden und untere Rand auf ungefähr 2 Centimeter imprägnirt wird. In gleicher Weise wird der obere Rand, soweit er aus der Flüssigkeit herausragt, behandelt.

*) „Die galvanischen Elemente von Volta bis heute“ von Niaudet, deutsch von W. Ph. Hauck, 1884. — „Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen“ von W. Ph. Hauck. Wien 1884.

Der letztere Zweck wird auch oft durch am Rande glasierte Thonzellen erreicht.

In dem Diaphragma steht ein kreuzförmiges Zink oder besser eine Uförmige Platte aus 4 Millimeter starkem gewalzten Zinkbleche.

Das Zink oder die Platte soll einige Centimeter über den Rand der Thonzelle hervorragen. Das Ansetzen der Elemente — und es gilt dieses von allen mit einem Diaphragma versehenen Elementen — vollzieht sich in der Weise, dass die Thonzellen einige Stunden vorher in angesäuertes Wasser zu liegen kommen. Die Gläser sind vollkommen zu trocknen; beim Eingiessen der Lösungen ist darauf zu sehen, dass die Glastheile oberhalb der Flüssigkeit nicht benetzt werden, ausserdem ist anzurathen, die Glasgefässe auf Untersatzteller von Porzellan zu stellen. Zur Schonung des Zinkes und um den Kupfervitriolverbrauch einzuschränken, kann man nach dem Gebrauche die Thonzellen entfernen, die Säure aufbewahren, die Zinke trocknen, die Thonzellen aber bis zu einem weiteren Versuche in einem steinernen Topfe, mit Wasser gefüllt, aussüssen. Die Gläser werden durch einen Deckel von Pappe vor Staub geschützt.

Für kleine Laboratorien dürften vier bis sechs derartige Elemente genügen. Von anderen constanten Elementen sei für den Laboratoriumgebrauch noch der Elemente von Siemens, von Reynier und besonders der von Lalande und Chaperon gedacht.

Zur zweiten Gattung zählen diejenigen Elemente, von welchen zwar geringe Constanz, jedoch hohe elektromotorische Kraft beansprucht wird.

Trotz zahlreich hervortretender Vorschläge und Verbesserungen hat bislang das Chromelement im

Laboratorium den unbestrittenen Platz behauptet. Die hohe elektromotorische Kraft, der geringe Widerstand, Geruchlosigkeit und Reinlichkeit, namentlich in Form als Flaschenelement, geben ihm den Vorrang vor Bunsen- und Grove'schen Elementen; leider ist die Inconstanz gerade beim Chromelement ohne Diaphragma äusserst störend. Man verwendet es auch deshalb nur zu Versuchen, welche einige Minuten in Anspruch nehmen, und hebt seine Wirkung durch Hinaufziehen der Zinkelektrode auf.

Die Form des Flaschenelementes ist zu bekannt, als dass hier eine ausführliche Beschreibung am Platze wäre; leider aber hat sich die Industrie dieses vielgebrauchten Instrumentes bemächtigt und mitunter so schlechte Fabricate geliefert, dass dem Techniker das Arbeiten mit einem derartigen Elemente oft zur Qual wird, woraus sich auch erklärt, dass vielfach äusserst absprechende Urtheile über das Flaschenelement laut werden.

Beim Ankauf, oder sofern man selbst ein derartiges Element fertigt, sehe man darauf, dass der untere Rauminhalt der Flasche so gross als möglich, dass also die Flüssigkeitsmenge eine bedeutende ist; ferner verwende man zu den Kohlen stets echte, sogenannte Retortenkohlen, welche, obgleich theurer, doch in ihrer Wirkung von den künstlichen Kohlen nicht übertroffen werden.

Die Kohlen erhalten am oberen Theile, dort also, wo dieselben am Deckel aus Hartgummi oder Vulcanit befestigt sind, eine Fassung. Unwissenheit und Hang nach „Billig und schlecht“ leisten in diesem Punkte Unglaubliches. Die beste Fassung, leider auch mit grossen Unkosten verknüpft, ist folgende:

Der obere Theil der Kohle wird erwärmt und in heissem Paraffin bis zur Flüssigkeitshöhe getränkt.

Nach dem Erkalten wird durch die Kohle 1 bis 1.5 Centimeter vom Rande und in der Mitte der Platte ein Loch gebohrt, dasselbe konisch aufgerieben und mit einem Platinconus geschlossen, jedoch so, dass die Enden des Conus einige Millimeter innerhalb der Plattenfläche aufhören. Die hierdurch entstehenden seichten Löcher werden mittelst Klebewachs geschlossen. Von oben her wird nun quer durch die Kohle und den Conus ein Gewinde geschnitten, das einen Platindraht von geringem Durchmesser, 2 bis 3 Millimeter je nach Dicke und Schwere der Platte, aufnimmt. Der Platindraht schraubt sich einerseits in den Platinconus, andererseits wird er nach Durchsetzung des Deckels mit einer Mutter angezogen und zur Klemme geführt. Der einzige Nachtheil, der dieser Fassung nachgesagt werden könnte, besteht darin, dass, wenn die Dimensionen des Conus sowie des Drahtes aus Billigkeitsrücksichten geringe gewählt werden, eine subtile Behandlung der Elemente nothwendig wird, um die Platte nicht in eine schiefe Lage zu bringen.

Für den Fall, dass das Niveau der Flüssigkeit einen bedeutenden Abstand von dem Deckel hat, und wenn die Imprägnirung mit Paraffin vollkommen ist, kann man anstatt Platin auch Messing verwenden, wodurch wegen grösserer Dimensionen auch die Haltbarkeit der Befestigung gewinnt.

Alle Fassungen, welche die Kohlenplatten aussen umschliessen, leiden unter der Einwirkung der Säuredämpfe, weshalb man sie durch Lacküberzug oder durch Umgeben mit Kautschuk zu schützen sucht. Gerade aber diese Schutzmittel stören bei nicht vollkommen fachmännischer Anwendung die Stromleitung; immerhin

ist für den Fall, dass man eine derartige Fassung beabsichtigt, anzurathen, die Contactflächen möglichst gross zu halten.

Einige Mechaniker glauben, durch das galvanische Verkupfern des oberen Kohlenrandes die Verbindungsfrage gelöst zu haben, ich bemerke jedoch, ohne diese Art ganz verwerfen zu sollen, dass mir derartige Kohlenfassungen zu Handen gekommen sind, welche einen Uebergangswiderstand von 8 bis 15 S. E. aufwiesen.

Das Zink hat bei dem Flaschenelement die Form einer Platte und gleitet isolirt zwischen den beiden Kohlen. Die Isolation kann am oberen Ende durch ein übergreifendes Kautschukstück bewirkt werden, am unteren Theile aber, der in die Säure taucht, ist ein beiderseitig zu einem Knopfe geblasenes Glasstäbchen, das in ein Loch im Zink gesteckt wird, als Isolirmittel zu empfehlen. Eine Fehlerquelle bildet auch oft der gleitende, das Zink tragende und als Leiter functionirende Messingstab. Vor Allem ist zu beachten, dass dessen Oberfläche metallisch sei und auch erhalten bleibt; die Hülse, welche, am Deckel befestigt, die Führung des Stabes bildet, sei dreifach aufgeschlitzt und bewirke eine starke Reibung, auch sei unterhalb des federnden Theiles eine Schraube eingelassen, welche beim Nichtgebrauche des Elementes den Stab festklemmen lässt. Elemente, bei welchen Kohle und Zink beweglich sind, halte ich weniger empfehlenswerth, da die Fassungen der Kohlen wegen der Nähe der Säure in Bälde zerstört werden, ausserdem aber eine Gleitstange mehr in Anwendung kommen muss, diese Gleitstange aber, wie erwähnt, nur bei vollkommener metallischer Reinheit Gewähr bietet, dass der Stromübergang nicht behindert wird. Drei bis vier dieser

Elemente dürften den Ansprüchen eines Laboratoriums genügen.

Eine grössere Zahl dieser Elemente wäre auch für Laboratorien, welche keine Dynamomaschinen besitzen, doch ab und zu elektrisches Bogenlicht in Anwendung zu bringen wünschen, verwendbar.

Man fertigt indessen zu diesem Gebrauche eigene Tauchbatterien einfacher Construction an und lässt die theueren Flaschengläser in Wegfall kommen. Die bekannteste Construction wurde von Bunsen angegeben.*)

Zur dritten Gattung endlich gehören jene Elemente, die unter dem Namen Normalelemente bekannt sind und zum Vergleiche von elektromotorischen Kräften dienen.

Die meiste Verbreitung hat gegenwärtig das von Latimer Clark angegebene Normalelement.

Seine Zusammenstellung ist folgende:**)

Ein kleines cylindrisches Glas von 7 bis 9 Centimeter Höhe wird mit chemisch reinem Quecksilber gefüllt, bedeckt mit einem Teige, der durch Kochen von Quecksilbersulfat ($\text{Hg}_2 \text{SO}_4$) und einer concentrirten Zinksulfatlösung erhalten wird. In das Quecksilber taucht eine Platinschleife, welche mit einem durch Guttapercha isolirten Draht, welcher als Leitungsdraht nach aussen führt, verlöthet ist. Die Löthstelle wird mittelst warmgemachtem Guttapercha gut umgeben. Ich bin der Ansicht, dass es weit besser wäre, einen dicken Platindraht zu verwenden und denselben in ein Glasrohr eingeschmolzen nach oben zu führen, da man nie die absolute Sicherheit hat, dass die Guttaperchahülle nicht rissig

*) Wiedemann G., Galvanismus, Band I, 2. Auflage, Seite 425.

**) Latimer Clark, Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XX. p. 444—448.

ist oder wird, und dass in diesem Falle die elektromotorische Kraft durch das Kupfer geändert wird; oder aber auch, wie neuerdings von A. v. Ettingshausen*) angegeben wurde, den Platindraht an dem unteren Theile des Glases einzuschmelzen. Durch die Paste hindurch und in das Quecksilber tauchend wird ein chemisch reiner Zinkstab gesteckt, durch einen Pfropfen von Paraffin isolirt und in seiner Lage fixirt. Die Herstellung des Paraffinstopfens macht einen Kunstgriff nöthig.

Man formt aus starkem, glattem Carton einen Cylinder von gewünschter Höhe und von etwas grösserem Durchmesser als das Glas besitzt, giesst denselben mit nicht zu heissem Paraffin aus und entfernt nach dem Erkalten die Papierhülle. Der Stopfen wird alsdann von allen anhaftenden Papierresten gereinigt und in das Glas eingepasst. Schliesslich wird der Rand des etwas gewärmten, völlig trockenen Glases mit dem Paraffinstöpsel unter Zuhilfenahme eines warmen Eisens verschmolzen.

Vor dem vollständigen Montiren des Elementes, also vor Aufsetzen der Stöpsel, wird das Quecksilber und die Paste im Wasserbade ausgekocht, um alle Luftblasen etc. zu entfernen.

Die elektromotorische Kraft des Elementes ist nach Clark 1.456 bis 1.557 Volts bei 15° C., der Temperatureinfluss beträgt zwischen 5 und 25°, nach Helmholtz 0.08, nach Kittler 0.08, nach Uppenborn 0.087, nach Adler-Wright 0.041 Procent.

Noch sei zu beachten, dass man vollständig chemisch reine Substanzen zu diesem Elemente in Verwendung nimmt; besonders mag hingewiesen sein, dass der geringste

*) A. v. Ettingshausen, Sitzungsbericht der Wiener Akad., Bd. 61, Seite 55.

Zusatz von Oxyd die elektromotorische Kraft bedeutend ändert.

Die beiden anderen Normalelemente sind aus dem Daniell-Elemente entstanden, Oliver J. Lodge gab zwei Elemente an*), von welchem die letztere Construction als Normalelement mehrfache Verbreitung hat.

In einem Glase (Pulverglase), das durch einen Kork- oder Gummistöpsel geschlossen ist, befindet sich, den Deckel durchsetzend, eine nach unten in eine durchbrochene Spitze endigende Glasröhre, an welche seitlich das untere Ende eines Reagircylinders angeschmolzen ist. In dem sich verengenden Theile des Glasrohres steht eine chemisch reine Zinkstange, in das Reagirgläschen taucht, an einem isolirten Guttaperchadraht befestigt, eine Kupferfahne, aus galvanoplastisch niedergeschlagenem Kupfer gebildet. Das Kupfer befindet sich in concentrirter Kupfersulfatlösung (spec. Gewicht 1.200 bei 18° C.), das Zink in concentrirter Zinksulfatlösung (spec. Gewicht 1.463 bei 18° C.). Die beiden Flüssigkeiten stehen gleich hoch derart, dass der Rand des Reagircylinders ungefähr einen Centimeter von dem Niveau der Flüssigkeit absteht. Obwohl nun hier keine Verbindung zwischen beiden Flüssigkeiten im eigentlichen Sinne besteht, so genügt doch die an den Glaswänden aufsteigende Feuchtigkeit, die elektrische Leitung herzustellen. Die elektromotorische Kraft des Elementes ist 1.059 Volts.

Das dritte der gebräuchlichsten Normalelemente rührt von Dr. E. Kittler**) her, der die Verbindung der

*) O. J. Lodge, Phil. Mag., Vol. 5, p. 1.

**) Dr. Kittler, Sitzungsberichte der kgl. bayer. Akad. der Wissenschaften 1882. 12. Seite 468.

beiden Flüssigkeiten, nach dem Vorgange Raoult's, durch einen Heber bewerkstelligt. Es besteht dieses Element demnach aus zwei Gläsern, von welchen das eine mit verdünnter Schwefelsäure vom spec. Gewicht 1·075 bei 18° C. gefüllt ist, das andere mit concentrirter Kupfersulfatlösung vom spec. Gewicht 1·190 bis 1·200.

In die Schwefelsäure taucht chemisch reines, verquicktes Zink, in die Kupferlösung chemisch reines Kupfer. Die beiden Gläser sind durch einen U-förmigen Heber, der nach unten in Capillarröhren endigt, oben mit einem Tubulus zum Einbringen der Lösung versehen ist, verbunden.

Im Nichtgebrauchsfalle wird der Heber entfernt. Beim Amalgamiren des Zinkes hat man darauf zu achten, dass die Verquickungssäure denselben Concentrationsgrad erhält, als derjenige ist, in welchem das Zink später verwendet werden soll.

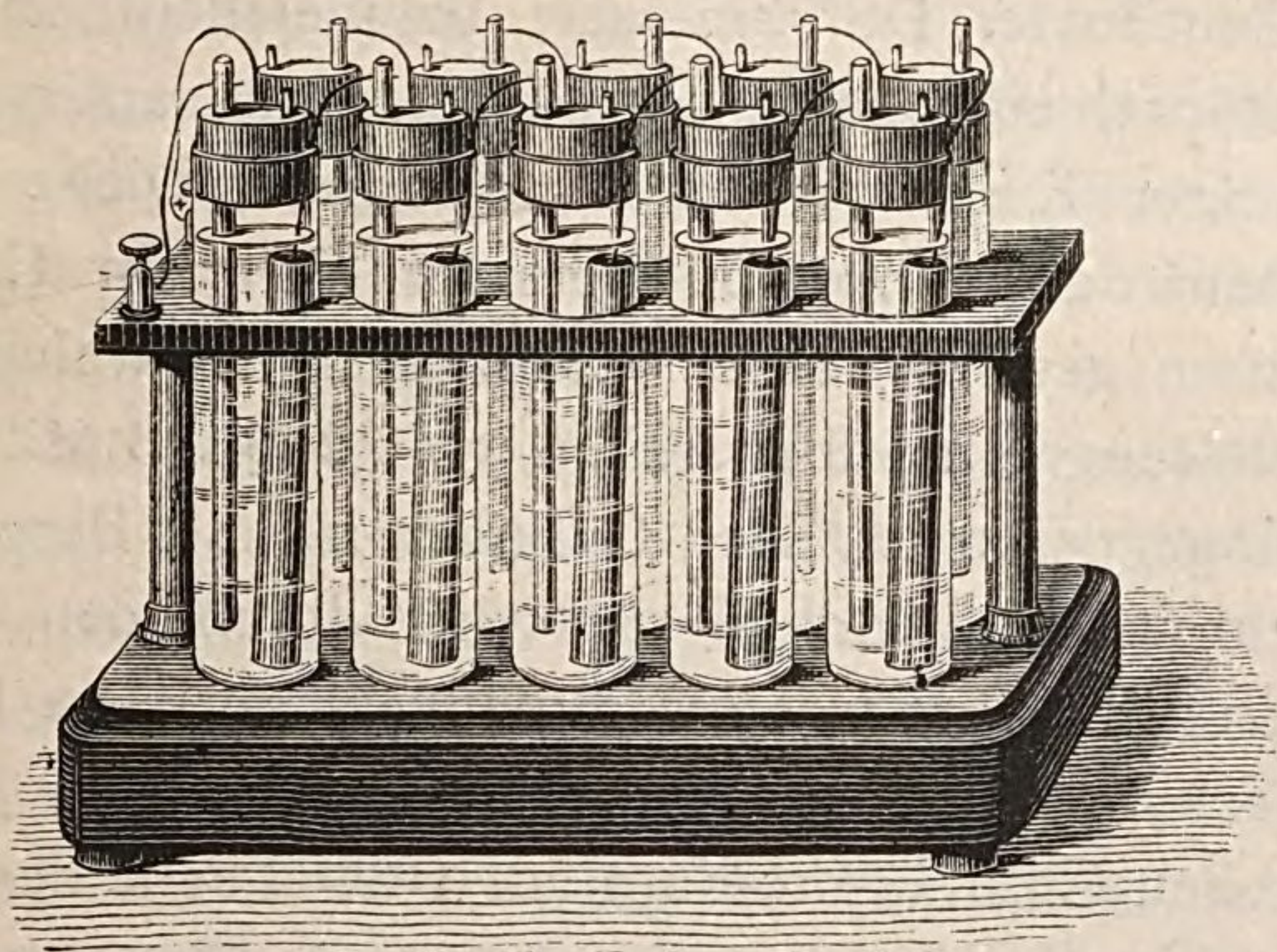
Die elektromotorische Kraft ist 1·195 Volts. Betreffs des Temperaturcoefficienten findet Uppenborn 0·02°/ Zunahme pro Centigrad Temperaturerhöhung.

Neben den vorbeschriebenen Elementen, die in jedem Laboratorium vorhanden sein werden, giebt es noch eine Reihe von Elementen, die besonderen Zwecken dienen. So findet man in den elektrischen Laboratorien der Fabriken, welche Kabel verfertigen, sowie in den Aemtern, welche die täglichen Messungen an Kabeln, welche im Staatsbetriebe stehen, vorzunehmen haben, eine grössere Zahl Elemente aufgestellt, im Besonderen zur Prüfung des Isolationswiderstandes der Kabel.

Es ist nicht ganz gleichgiltig, welche Art von Elementen hierzu verwendet wird, denn ausser der Forderung, dass dieselben eine möglichst constante elektromotorische

Kraft behalten, muss auch darauf gedrungen werden, dass die Spannung durch die geringste Anzahl der Elemente erhalten wird, weil sich hierdurch sowohl die Kosten der Anschaffung geringer stellen, als auch die Uebersichtlichkeit in Bezug auf die Instandhaltung erhöht wird. Man wird ausserdem Elemente wählen, welche in nicht geschlossenem Zustande keinem localen Nebenverbrauche ausgesetzt sind, ferner auch solche Modelle berücksichtigen, die geringen Raum einnehmen.

Fig. 32.



In den Messämtern findet man noch heute Callaud-elemente verwendet, obwohl dieselben, auch nicht geschlossen, einen Materialverbrauch an Kupfervitriol und Zink aufweisen. Frei von diesem Uebelstande sind die Leclanché-Elemente, welche in der kleinsten Form Verwendung finden können, zudem ist die elektromotorische Kraft um circa 0.4% höher. Sie haben den weiteren Vortheil, dass die Salmiaklösung nicht einfriert und dass die Spannung, wenn sie sich auch anfänglich etwas ändert, nach einem Monat nahezu constant bleibt.

Ausser dem Leclanché-Element wird in England und Frankreich für derartige Zwecke das Chlorsilber-element von Warren de la Rue angewendet. Es hat neben dem Vortheile hoher Constanz auch den, dass es sehr wenig Raum beansprucht, luftdicht verschlossen werden kann und deshalb auch als transportables Element zu benützen ist. Nach der letzten ihm von Warren de la Rue gegebenen Anordnung besteht es aus folgenden Theilen (Fig. 32):

Einem Reagenscylinder von 13 Centimeter Höhe und 3 Centimeter Durchmesser, in welchem in einen Paraffinstöpsel eingegossen ein nicht amalgamirter chemisch reiner Zinkstab von 6 Millimeter Dicke steckt.

Neben dem Zinkstabe befindet sich ein Cylinder von reinem geschmolzenen Chlorsilber, in welchen bei der Herstellung ein Silberstreifen von 2 bis 3 Millimeter Breite eingegossen ist. Der Cylinder ist mit Pergamentpapier umwickelt und dieses wird durch den durchgesteckten Silberstreifen zusammengehalten. Die Lösung besteht aus Salmiaklösung im Verhältnisse von 23 Gewichtstheilen Chlorammonium auf 1000 Theile destillirtes Wasser. Die Verbindung der einzelnen Elemente unter sich, so wie sie Warren de la Rue angiebt, ist sinnreich und einfach. In dem Zinkstabe befindet sich ein konisches Querloch, in welches das Ende des Silberstreifens eingeführt wird. In das Loch wird alsdann ein kleiner Messingconus eingedrückt und hierdurch eine sichere Verbindung des Silbers mit dem Zinke erzielt. Der Paraffinstöpsel wird an das Glas mittelst eines erwärmten Drahtes angeschmolzen und eine kleine, zur Füllung bestimmte Oeffnung im Stöpsel gleichfalls mit erwärmtem Paraffin verschlossen.

Die Elemente werden in Gestellen von durchbohrten Hartgummiplatten aufbewahrt, am besten verschliesst; man je hundert in einen transportablen Kasten, an welchem aussen die beiden Klemmen, wohl isolirt, angebracht sind. Die elektromotorische Kraft des einzelnen Elementes beträgt mit Kochsalzlösung gefüllt 0·9 Volt, mit Chlorammonium 1·03 Volts. Ein schädlicher localer Zinkverbrauch findet während der Nichtbenützung kaum statt.

Ein neueres Element, welches für diese Zwecke wohl passend sein dürfte, ist das schon erwähnte von Lalande-Chaperon.

Für Kabelmessungen kann die kleinste Form derselben benützt werden. Ein Gusseisencylinder von annähernd 5 Centimeter Durchmesser ist durch einen Gummistöpsel geschlossen.

In Mitte des Stöpsels ist ein amalgamirter Zinkstab eingesetzt, der etwas über die Hälfte in den Cylinder hineinragt. Das untere Drittel des Innenraumes ist mit Kupferoxyd gefüllt. Die Lösung besteht aus Kalilauge. Beim Ansetzen des Elementes hat man darauf zu achten, dass das Kupferoxyd völlig in der Lauge untersinkt, man befördert diesen Vorgang durch Umrühren mit einem Glasstabe, da sich ausserdem die schwimmenden Kupferoxydtheilchen an dem Zinkstabe ansetzen. Die elektromotorische Kraft ist 0·98 Volt. Da das Gefäss aus Eisen hier den einen Pol bildet, so hat man bei Zusammenstellung mehrerer Elemente besonders darauf zu achten, dass keine gegenseitige Berührung stattfindet; man trennt die Elemente, wie es auch bei den vorherbesprochenen Chlorsilberelementen der Fall ist, durch durchbohrte Hartgummiplatten, oder aber auch durch aufgezugene Gummiringe. Das Element hat trotz der

geringen Spannung genügend anderweitige Vortheile, um es auch für Kabelmessungen empfehlenswerth zu halten. Eine in einer Kiste verpackte Batterie kann sowohl im Laboratorium als auch, da sie in Folge der Eisengefässe fast unzerbrechlich ist, auf der Reise gleich gut verwendet werden, ausserdem aber kann das Element gegebenenfalls auch auf längere Zeit im kurzen Schlusse einen constanten Strom liefern.

Die Aufstellung grösserer, nicht transportabler Elemente in Laboratorien erfordert einen räumlich genügenden Schrank, am besten auf drei Seiten mit Glaswänden versehen, damit man jeden Augenblick den guten Zustand der Batterie übersieht. Die Elemente, welche zu Kabelmessungen dienen und gewöhnlich zu 80 bis 100 zur Batterie vereinigt sind, erfordern, wie schon erwähnt, eine möglichst gute Isolation.

Man taucht deshalb vor dem Ansetzen die erwärmten Gläser mit den Rändern in geschmolzenes Paraffin und stellt die Gläser selbst auf die Glasplatten oder Porzellanuntersätze.

Die gegenseitige Entfernung der Elemente soll, wenn der Raum es gestattet, eine möglichst grosse, der Glaskasten fest verschliessbar und in einem nicht zu warmen Raum untergebracht sein. Es ist zu empfehlen, namentlich wenn die Batterie längere Zeit unbenützt gestanden, vor Beginn einer Messung eine oder mehrere Schalen mit Chlorcalcium in den Schrank zu stellen.

Die Messbrücken und die Widerstände.

Die Messbrücke ist ein wichtiger Bestandtheil für jedes elektrische Laboratorium. Da die Herstellung von Widerstandsrollen eine vollkommen ausgerüstete Werkstätte verlangt, viele Zeit in Anspruch nimmt, bei nicht geschäftsmässiger Verfertigung in pecuniärer Beziehung sicherlich keine Vortheile bringt, so wird man im Allgemeinen derartige Apparate aus einer renommirten Fabrik beziehen.

Unter den deutschen Firmen sind es vor Allem Siemens und Halske, welche Messbrücken von hoher Genauigkeit und vielseitiger Verwendbarkeit anfertigen. Die Siemens-Halske'sche grössere Messbrücke ist mit drei Tastern ausgerüstet und gestattet die Messung von Widerständen sowohl, als auch die von elektromotorischen Kräften.

Die Einschaltung der Widerstände geschieht, wie bei den meisten Messbrücken, durch das Ausziehen von Stöpseln. Die Widerstände gehen von 1 bis 10.000; zur Abgleichung der Zehntel dienen zwei auf einer in Millimeter getheilten Hartgummiplatte aufliegende Platin-

drähte, welche durch einen metallischen Reiter verbunden werden können. Dieser Reiter besteht aus einer schweren Bleiplatte, welche einen Handgriff und unterhalb des Handgriffes senkrecht zur Platte einen Steg aus Gold trägt. Der Steg ist messerartig zugeschräfft, derart, dass die eine Seite vollkommen gerade und vertical ist. Diese Seite wird zur Einstellung des Steges auf die Theilung benützt. Die Verwendung des Goldes bringt unter Anderem den Vorthail mit sich, dass es als weiches Metall allenfallsige Formveränderungen der Platindrähte vermeidet, doch muss noch immerhin vor einem Auf-
fallenlassen des Steges auf die Drähte gewarnt werden.

Der Brücke sind zwei Sätze Vergleichswiderstände zu 10, 100, 1000 beigegeben.

Es ist bekannt, dass durch genau abgegliche Widerstände keine stärkeren Ströme geschickt werden dürfen, dass aber an den praktischen Elektriker die Aufgabe herantritt, derartige Ströme in Verbindung mit dem Messapparate zu bringen; es mag daher am Platze sein, für derartige Fälle eine Messbrücke von geringerer Genauigkeit zu verwenden, allenfalls sich Widerstände selbst herzustellen, beziehungsweise abzugleichen.

Indem ich auf die Abhandlung von Dehms über die Herstellung von Normalwiderständen und deren Uebertragung auf Widerstandskästen verweise, mögen hier nur noch einige kurze Bemerkungen angefügt sein, welche diese Arbeiten erleichtern.

Nachdem der Plan zu den Apparaten festgestellt, werden die aus stark kupferhaltigem Rothgussmetall in einem Stück hergestellten Klötze, die zur Aufnahme der Stecker dienen, auf eine 1 bis 1.5 Centimeter dicke Hartgummiplatte aufgeschraubt, getheilt und alsdann

zerschnitten. Von diesen Klötzen führen nach abwärts 2 bis 3 Millimeter starke Kupferdrähte, die zur Aufnahme der Spulendrahtenden dienen, und woran diese entweder mittelst Loth oder durch Schrauben befestigt werden.

Die endgiltige Abgleichung der Spulenenddrähte lässt sich durch Löthung viel schwieriger erzielen, als durch Verschrauben, zudem verlangt diese Befestigungsart einen grösseren Zeitaufwand, da man stets zu warten hat, bis die Löthstelle vollständig erkaltet ist, weil ausserdem die auftretenden Thermostrome die Genauigkeit der Messung in Frage stellen.

Die Verbindung der Drähte durch Schrauben zeigt zwar die eben beschriebenen Nachtheile nicht, dagegen ist die Verbindung weniger innig und für die Dauer weniger sicher. Die Rollen werden aus Hartgummi, Buchsholz oder in heissem Paraffin gesottenem Lindenholze hergestellt.

Die verwendeten Drähte sollen doppelt mit Seide besponnen sein.

Die bifilare Wickelung erfordert die annähernde Kenntniss der Drahtlängen.

Da sich diese Längen rechnungsweise nicht immer in gewünschter Schärfe ergeben, so ist es nothwendig, vorerst die einzelnen Drahtstücke von einer Vorrathsrolle abzutrennen und auf die ungefähre Länge abzumessen.

Man benütze zum Aufwickeln der abgetrennten Drahtstücke eine Rolle von möglichst grossem Durchmesser, da das öftere Auf- und Abwickeln auf Rollen kleineren Durchmessers der Draht-Umspinnung schädlich ist. Der näherungsweise abgegliche Draht wird nun von der Mitte aus auf die Spule gewickelt, nach jeder

Lage, durch Uebergiessen von möglichst heissem Paraffin getränkt, abgeglichen und jede blanke Drahtstelle sorgfältig mittelst Lack oder Paraffin isolirt.

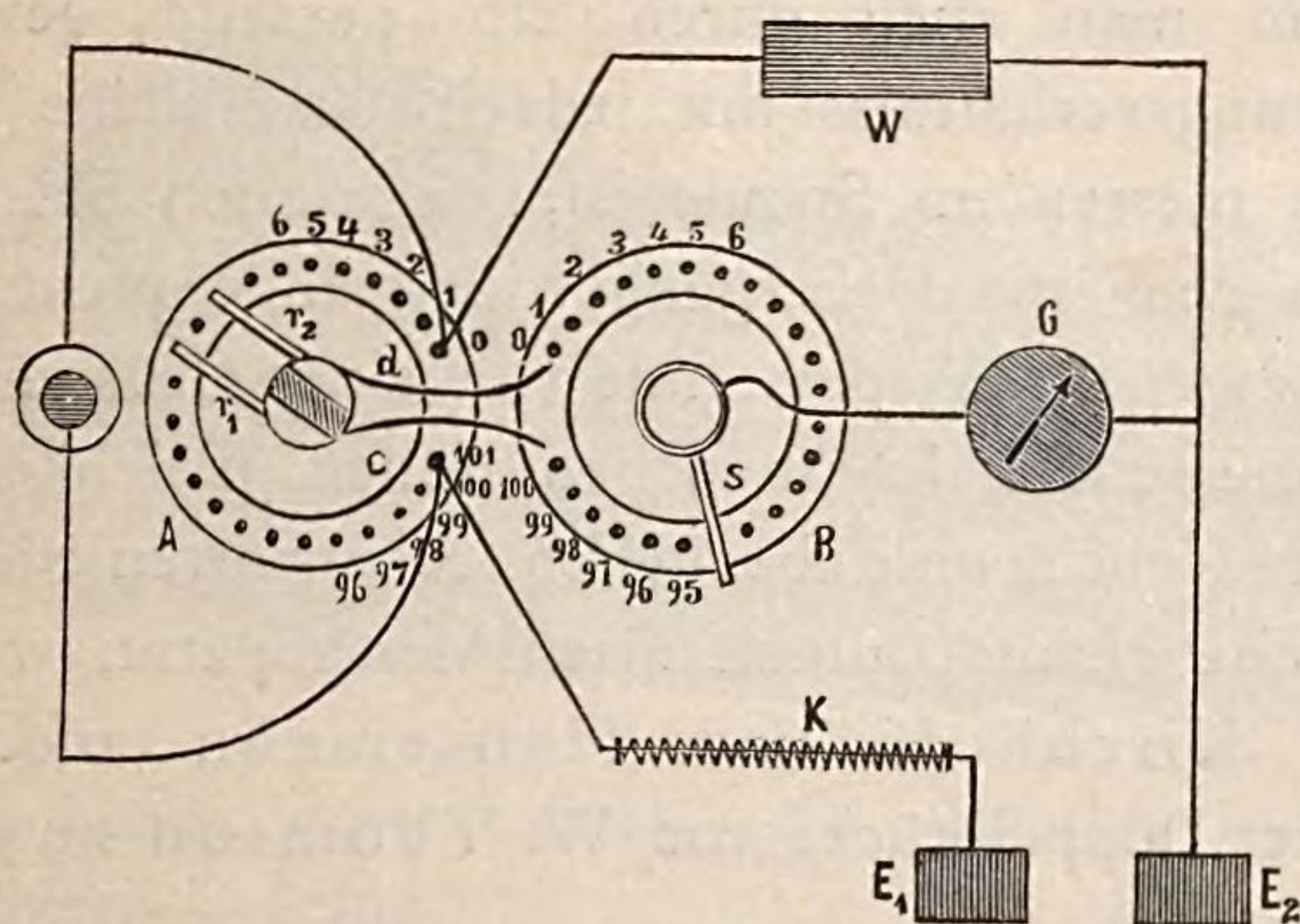
Die Anordnung der einzelnen Rollen geschieht meistens nach dem Verhältnisse 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 100 u. s. w. Diese Anordnung bietet den Vorthail, dass sie der geringsten Drahtmenge bedarf; auch Siemens-Halske's Brücken haben diese Eintheilung, E. Hartmann in Würzburg (nunmehr Hartmann und Braun) dagegen giebt seinen Widerstandskästen die Theilung 1, 2, 3 u. s. w. Diese letztere Art hat den Vorthail, dass die Vergleichung der Widerstände unter sich leichter und sicher vollzogen werden kann. Carpentier und einige andere französische Firmen bauen Messbrücken, die in mancher Hinsicht sehr zu empfehlen sind. Der Widerstandskasten hat ausser den Vergleichswiderständen nur vier Abtheilungen, Einer, Zehner, Hunderter, Tausender, zehn Rollen jeder Art, welche hintereinander geschaltet sind.

Es ergibt sich hieraus, dass mit Hilfe von vier Stöpseln jeder beliebige Widerstand zwischen 0 und 10·000 rasch gesteckt werden kann. Der Hauptvorthail dieser Anordnung liegt darin, dass die Genauigkeit der Anfertigung einen ziemlich hohen Grad erreichen kann, indem nur vier Normalwiderstände zu 1, 10, 100 und 1000 hergestellt werden müssen, ausserdem je 10 Spulen auf den gleichen Widerstand abzugleichen sind, eine Arbeit, die bedeutend leichter zu vollziehen ist, als die Abgleichung von Widerständen verschiedener Einheiten.

In gleicher Art fertigen Elliot Brothers derartige Messbrücken; sie unterscheiden sich nur äusserlich durch die kreisförmige Anordnung der Stöpsellöcher.

Ausser den Widerstandskästen mit Steckern giebt es solche mit Zeigern, das heisst mit sich im Kreise bewegendem Schleiffedern. Diese Art findet für telegraphische Zwecke noch vielfache Anwendung; die Sicherheit der Contacte wird im Allgemeinen, trotz Platincontacte und Schleiffedern, eine geringere sein, als bei der vorhergehenden Art und die Zeigerwiderstände, in Anwendung zu genaueren Messungen, würden der Vergessenheit anheimgefallen sein, hätten nicht zwei Physiker

Fig. 33.



von Ruf, Varley und W. Thomson, in den letzten Jahren eine Messbrücke construiert, die als bewegliche Theile zwei Schleifhebel enthält.

Die von Elliot Bros. in London gefertigten Widerstandskästen zeigen zwei mit Glas geschlossene Dosen, aus welchen die Handgriffe und Kurbeln, wodurch die Schleiffedern bewegt werden, hervorstehen. Innerhalb der Dosen befinden sich senkrecht stehende Stifte, über welche die Federn schleifen und den Contact vermitteln. In der Dose links sind 101 Widerstandsrollen zu je 1000 Ohm, in der rechts 100 Rollen zu je 20 Ohm.

Die Dose links hat eine gegenseitige isolirte Doppelfeder, deren Schenkel einen solchen Abstand haben, dass stets eine Rolle von 1000 Ohm zwischen den beiden Federn eingeschaltet bleibt.

Fig. 33 giebt die schematische Darstellung.

Ausser einer der vorbeschriebenen Messbrücken bedarf der praktische Elektrotechniker auch eines Widerstandskastens, welcher die Messung sehr geringer Widerstände, wie solche bei Anfertigung von Glühlichtmaschinen etc. etc. vorkommen, ermöglicht.

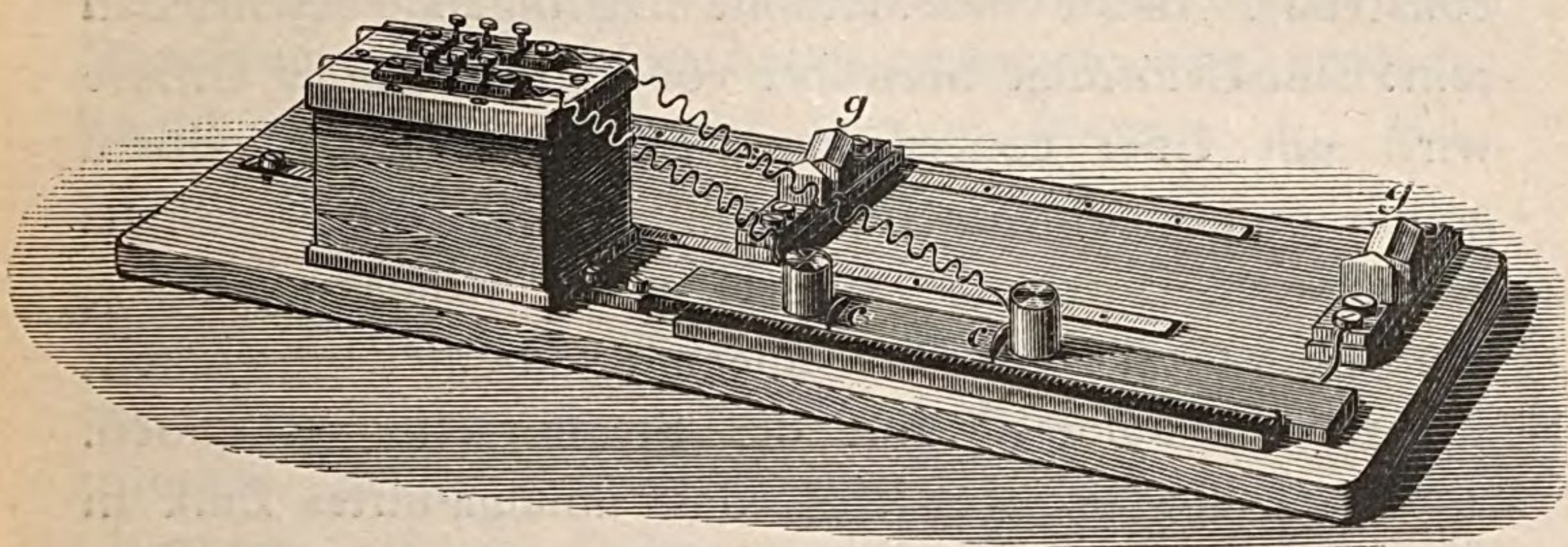
Wenn man auch durch ein passend gewähltes Uebersetzungsverhältniss mit jeder Brücke kleine Widerstände zu messen im Stande ist, so werden bei diesem Verfahren doch die Uebergangswiderstände nicht in Betracht gezogen — Widerstände von einer Grösse, welche den zu messenden in manchen Fällen gleichkommen. Um diesem Uebelstande abzuhelpen, construirten Siemens und Halske einen compendiösen Messapparat, welchem das von Kirchhoff und Hansemann modificirte Princip der Doppelbrücke von W. Thomson zu Grunde liegt. (Fig. 34).

Ein doppelter Vergleichswiderstand zu je 10, 10 und 1000 Ohms in einem Kästchen eingeschlossen, ist zur Linken eines Grundbrettes montirt, rechts davon befindet sich der Messdraht aus Neusilber, auf dem die messerartigen Contacte *cc* zu verschieben sind. Auf der hinteren Seite des Brettes sind zwei V-förmige Gabeln *g g* befestigt, deren eine auf zwei starken Metallschienen verschiebbar ist. In diese Gabeln kommen die zu messenden Gegenstände zu liegen und werden, wenn von geringer Eigenschwere, mittelst Gewichten an die Gabeln ange-drückt, wodurch der vollkommene Contact gesichert ist.

Diese Messbrücke gestattet Widerstandsmessungen bis zu 0,000.001 S. E.

Im Gegensatze zu den Messungen minimaler Widerstände bedarf man öfter Rheostaten, welche beträchtliche Widerstände aufweisen. Da einerseits der Kostenpunkt der Herstellung solcher Widerstände aus Draht beträchtlich würde, andererseits die Einhaltung der Bifilarität Schwierigkeit bereiten möchte, so verfertigt man Widerstände aus schlecht leitenden Materialien oder man ver-

Fig. 34.



wendet hierzu gute Leiter, also Metalle in geringer Raumdimensionierung.

Die bekannteren und oft verwendeten Widerstände der ersteren Art sind diejenigen aus Graphit.

Dieselben werden hergestellt, indem man in Holzklötze Löcher bohrt, diese mit Graphit füllt und an den Enden Metallkappen, deren eine grösstentheils federnd wirkt, schliesst. Auf diese Art werden Widerstände von 1000 bis 20.000 S. E. gefertigt.

Höhere Widerstände werden wie folgt fabricirt.

In eine, in Hartgummi gehobelte Nute wird pulverförmiger Graphit eingerieben, die Enden der graphitirten Nute werden durch federnde Platinbleche in Contact

mit den Klemmschrauben gebracht. Diese Art gestattet die Herstellung von Widerständen von 100.000 bis 1,000.000 S. E. Die Beständigkeit derselben ist jedoch eine sehr geringe, hauptsächlich deshalb, weil Hartgummi in Berührung mit der Luft einem Verwitterungsprocesse ausgesetzt ist.

Widerstände der gleichen Art, jedoch unter Verwendung einer Glasplatte, geben bessere Resultate.

Da die Flüssigkeiten im Allgemeinen schlechte Leiter sind, so werden auch mit Hilfe dieser Widerstände construiert. Als die beste Methode mag folgende beschrieben sein: Eine U-förmige Glasröhre von entsprechender Grösse wird mit einer concentrirten Lösung von Zinkvitriol gefüllt und die aufrechtstehenden Schenkel durch Stöpsel geschlossen. Durch die Stöpsel gehen wohlamalgamirte Zinkdrähte; sie tauchen einerseits in die Flüssigkeit, andererseits sind sie mit der Stromquelle verbunden. v. Beetz hat nachgewiesen, dass amalgamirtes Zink in einer Lösung von Zinkvitriol bei schwachen Strömen keine Polarisationserscheinung zeigt; diese Flüssigkeit ist deshalb anderen Lösungen als Kupfervitriollösungen und dergleichen vorzuziehen.

Endlich findet man Widerstände, bei welchen auf einer Glasplatte niedergeschlagenes Platin zur Verwendung kommt. Der Niederschlag geschieht durch Einbrennen mittelst einer Mischung von Lavendelöl und Platinchlorür.

Alle diese letztbeschriebenen Formen von Widerständen eignen sich nicht zu exacten Messungen, da ihre Veränderlichkeit zu beträchtlich ist; es zeigen ja selbst Normalwiderstandsrollen aus Neusilber nach Verlauf einiger Jahre geringe Unterschiede, die um so beträchtlicher werden, je geringer die Leitungsfähigkeit

des verwendeten Neusilbers war, je eher dasselbe nach der Fabrikation in Gebrauch genommen wurde und je stärker und andauernder die hierdurch geleiteten Ströme waren. Namentlich in Bezug auf den letzterwähnten Punkt ist es passend, die zu benützenden Ströme möglichst schwach und ihre Dauer möglichst gering zu halten. Die Erscheinung selbst dürfte durch eine Veränderung der Moleküllagerung zu erklären sein.

Endlich darf eine Art Widerstände nicht übergangen werden, welche dazu dienen, in den Stromkreis von Dynamomaschinen eingeschaltet zu werden, welche überhaupt in Verbindung mit starken Strömen zur Verwendung kommen.

Die Widerstände werden aus Neusilberspiralen gebildet, welche an Holzrahmen befestigt sind und mittelst eines Schleifhebels nach Bedürfniss eingeschaltet werden können. Bedarf man vieler Spiralen, welche in einem einzelnen offenen Rahmen nicht mehr untergebracht werden können, so empfiehlt es sich, die Spiralen in circa 40 Centimeter lange und breite Eisenrahmen mittelst Porzellanknöpfen zu befestigen und diese Rahmen unter Einhalt eines genügenden Abstandes in einen viereckigen Holzkasten in horizontaler Lage zu montiren; der Kasten, welcher oben und unten offen ist, bewirkt auch bei geringer Erwärmung der Drähte eine Ventilation, wodurch kalte Luft vom Boden aus eingesaugt wird und nach oben abgeht; die Drähte werden hierdurch einigermaßen vor Ueberhitzung bewahrt. Die Verwendung anderen Materials als Neusilber dürfte nicht anzurathen sein, wenn auch die Münchener Commission gelegentlich der elektrischen Ausstellung vom Jahre 1882 sich eines Widerstandes aus Telegraphendrähten bediente.

In einem Laboratorium kann die Anhäufung von Eisenmassen für die elektrischen Messinstrumente nicht ohne Belang sein, ferner spricht für die Verwendung des Neusilbers ausser seines grösseren specifischen Widerstandes noch die Leichtigkeit, mit welcher die Wickelung der Spiralen vorgenommen werden kann, seine Elasticität, welche erlaubt, dass man lange Spiralen verwenden kann, ohne sie zu unterstützen und ohne befürchten zu müssen, dass sich einzelne Glieder der Spirale berühren, wie es bei Eisendrähten häufig vorkommt; schliesslich spricht noch dafür das Glatte, Glänzende der Oberfläche, welche die Wärmeausstrahlung begünstigt. Ausser den obenbeschriebenen Formen giebt es natürlich eine grosse Anzahl von Varianten; so bilden Siemens und Halske Widerstände für sehr starke Ströme aus einem Gitter aus Neusilberdraht; auch werden gewellte Bleche aus dem gleichen Material zu diesem Zwecke verwendet.

Die Stromschlüssel, Commutatoren, Wippen.

Klemmen und Leitungsdrähte.

Ein nothwendiges Requisit auf dem Arbeitstische des Technikers ist der Stromschlüssel, ein Apparat zum beliebig langen Schliessen oder Oeffnen des Stromes.

Ein geeigneter Stromschlüssel ist jeder Morse-Taster oder auch jede Feder, welche, gedrückt, auf einem metallischen Punkt aufliegt. Die Contacte, insofern dieselben für schwächere Ströme in Verwendung gelangen, sind stets aus Platin hergestellt; hierbei ist zu bemerken, dass die Verbindung des Platins mit dem weiterleitenden Metalle, wenn irgend möglich, nicht durch Zinnloth, sondern stets durch Verschrauben oder Vernieten geschehen soll. Die Verwendung des Zinnlothes hat den Uebelstand, dass das Platin nach Art des Zinkes und Quecksilbers eine Art Verquickung mit dem Zinne erfährt und in Folge dieses Zustandes bei Verwendung stärkerer Ströme oder beim Auftreten grösserer Funken schwarze Punkte entstehen, welche einen schlechten Stromübergang verursachen.

Für länger andauernde Stromschlüsse bedient man sich besser der Schleifcontacte. Bedingung der guten Wirksamkeit derartiger Contacte ist eine möglichst grosse reibende Fläche und eine nicht zu geringe Federung des reibenden Körpers.

Einen recht einfachen, doch allen Wünschen Rechnung tragenden Stromschlüssel fertigt Dr. Edelman.

Auf einer Hartgummiplatte montirt stehen zwei viereckige Metallklötze, die beiden Leitungen haltend, welche nach Belieben durch eine federnde Zunge auf kurze Zeit oder durch einen seitlichen Hebel auf die Dauer in Contact gebracht werden können.

Zum Einführen starker Ströme, also solcher, wie gegenwärtig in den Laboratorien durch Dynamomaschinen erzeugt werden, hat man eigene Stromschlüssel erdacht, deren Hauptprincip in der Verwendung grosser Flächen, stark reibender Federn mit grossem Abstände der sich trennenden Körper liegt. Aus den vielen Varianten möchte ich nur ein einziges Modell herausgreifen.

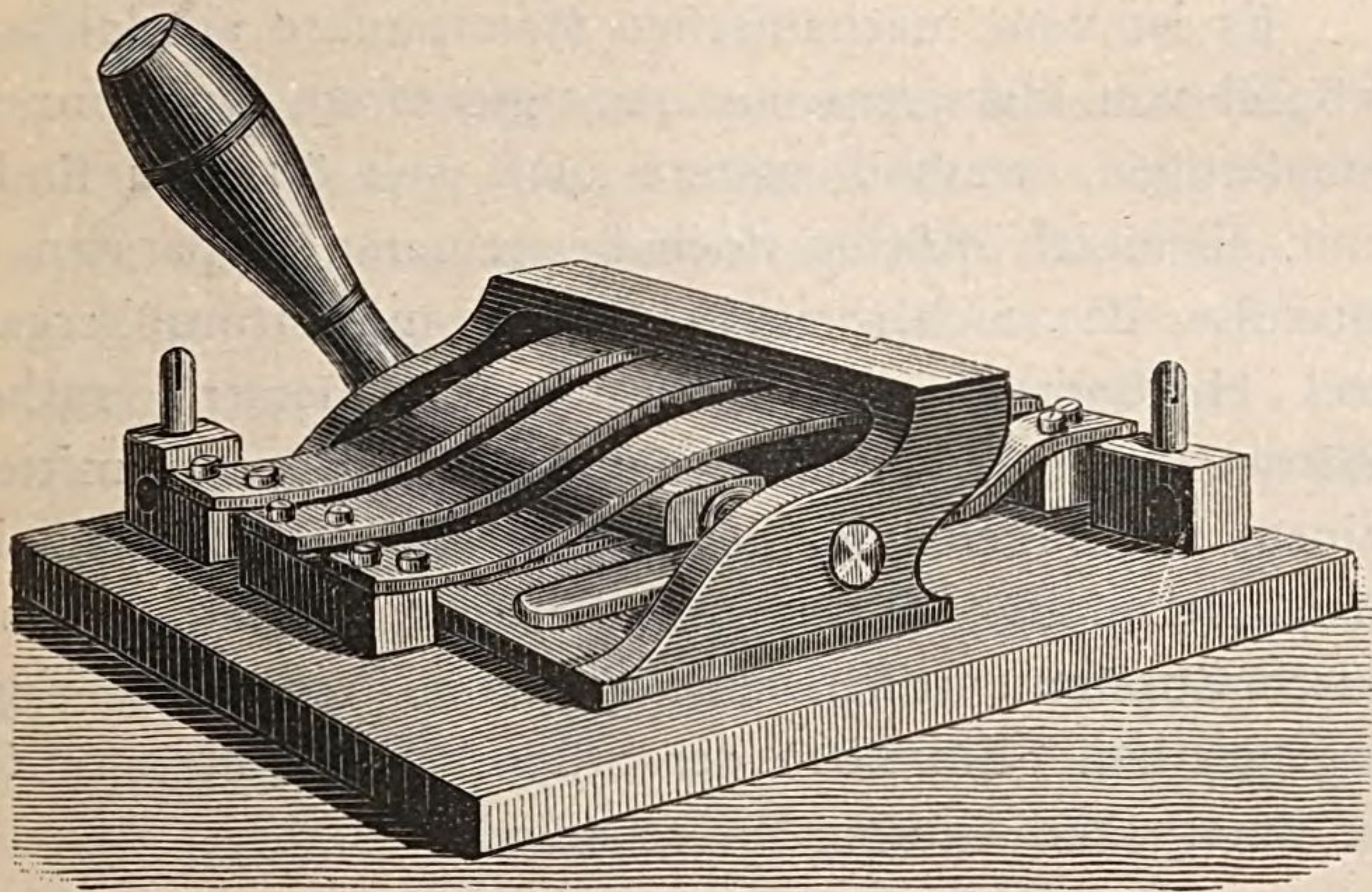
Es wird von Paterson in London gefertigt.

Fig. 35 zeigt den Schlüssel für stärkere Ströme. Man sieht an den beiden äusseren Enden die Klemmen für starke Drähte, ferner einen Mittelkörper aus Messing, der die Handhabe trägt, und an jeder Seite drei starke Metallfedern. Die Handhabe ist an einer rautenförmigen Axe befestigt, welche, wenn sie bewegt wird, die Federn gegen den Hauptkörper andrückt. Befindet sich die schmale Seite der Raute zwischen den Federn, so ist der Strom unterbrochen. Die Vielzahl der Federn bewirkt die Vertheilung des Stromes und hierdurch die Verminderung der Funken, ausserdem

hält die reibende Bewegung des Rautenkörpers die Contactflächen rein.

Für genaue Messung empfiehlt sich die Verwendung von Quecksilber. Dasselbe muss chemisch rein sein, die eintauchenden Drähte müssen vollständig und ohne Beihilfe von Säure verquickt und von genügender Dicke sein.

Fig. 35.



Zur Aufnahme des Quecksilbers eignet sich recht altes, ausgetrocknetes Mahagoniholz, das in heissem Paraffin gesotten wurde.

Man bohrt in ein derartig präparirtes Brettchen von ungefähr 2 Centimeter Dicke mittelst eines Centrumbohrers Löcher von circa 1 Centimeter Durchmesser und 1 Centimeter Tiefe und schraubt das Brett an dem Experimentirtische fest. Nach Zahl und Anordnung der Löcher lassen sich nun mit Hilfe rechtwinkelig gebogener Kupferdrähte einfache Stromschlüssel, Commutatoren, Wippen und dergleichen herstellen. Bemerken

möchte ich, dass die Drähte, soweit sie mit den Händen berührt werden und namentlich dann, wenn Messungen mit Condensatoren in Aussicht genommen sind, mit Guttapercha zu isoliren sind.

Für länger dauernde Stromverbindungen pflegt man Stecker (Stöpsel) zu benützen, Metallconuse, in eine durchschnittene Lagerung passend und dieselbe metallisch verbindend.

Es ist vom mechanischen Standpunkte aus leichter, Stöpsel von kleinerem als von grösserem Durchmesser anzufertigen, weshalb erstere auch weit öfter zu finden sind, allein ich möchte doch bei feineren Apparaten im Interesse der Sicherheit in Bezug auf Stromübergang und Haltbarkeit zu grösseren Durchmessern rathen. Stöpsel, deren Oberfläche oxydirt, reibe man mittelst feinem Schmirgelpapier blank, die Stöpsellöcher reinige man gleichfalls mit einem solchen Papier, dem man durch Zusammenrollen eine passende, conische Form gegeben hat. Einreiben der Stöpsel mit Fett oder Oel ist unter allen Umständen schädlich.

Commutatoren.

Eine ziemlich vollständige Aufzählung von Commutatorconstructionen giebt fast jedes grössere Lehrbuch der Physik.

Ich übergehe deshalb alle diese Constructionen und bemerke, dass die meisten derselben nur für gewöhnliche Messungen brauchbar sind. Eine der sinnreichsten, auch am meisten angewandten Constructionen ist die von Rhumkorff; man könnte diesen sonst guten Commutator noch insofern verbessern, als man statt der Kupferfedern mehrdrähtige Bürsten, wie sie an den Dynamo-

maschinen vorkommen, anwendet. Die beiden Axen, obwohl in Metalllagern laufend, bedürfen gleichfalls derartiger Bürsten, denn die Stromübergänge bei Axen dürften nicht immer mit gleicher Leichtigkeit statthaben, besonders wenn Staub und Flüssigkeit die Lager verdorben haben. Ueberhaupt möchte ich diese Bürsten bei genaueren Messungen und sofern man sich nicht zu Quecksilbercontacten entschliessen kann, bestens empfehlen.

Unter allen Commutatoren nimmt unstreitig die Quecksilberwippe, als Commutator und als Wippe gleich gut zu gebrauchen, die hervorragendste Stelle ein.

Eine Kautschukplatte oder ein mit Paraffin getränktes Brettchen hat sechs Löcher eingebohrt, deren zwei an diametralen Seiten, die anderen beiden in Mitte der anderen Seiten angebracht sind.

Diese Grundplatte kann, je nachdem grössere oder geringere Isolation verlangt wird, direct am Experimentirtisch angeschraubt sein, oder noch auf Hartgummifüsse gestellt werden. Wie bei der Poggendorf'schen Wippe geht ein in der Mitte isolirter Querstab über den Apparat hinweg und trägt nahe seinen Enden nach links und rechts ausgreifend zwei Kupferdrähte, welche mit abwärts gebogenen Nasen in die Quecksilbernäpfe tauchen.

Die Lagerung geschieht zumeist in Messingplatten, jedoch ist diese Lagerung, wie schon bemerkt, zu wenig sicher. Ich habe deshalb die Axe der von der Firma Reiner für mich gefertigten Commutatoren mit nach unten in die beiden mittleren Löcher reichenden Kupferdrähten versehen lassen und diese mittleren Näpfe mit der Axe und mit den Klemmschrauben in Verbindung gebracht. Es wird hierdurch bezweckt, dass in allen

Punkten eine Verbindung durch Quecksilber vorhanden ist. Eine Handhabe aus Hartgummi, nach aufwärts stehend, gestattet rasches Umwerfen des Wippenkörpers und damit einen raschen Stromwechsel.

Diese Wippe hat auch den Vorthail, dass der Wippenkörper, weil durch eine Axe gelagert, bei schnellem Arbeiten nicht aus dem Quecksilber geworfen werden kann.

Allenfallsiges Spritzen von Quecksilber verhindert man, indem man Abschnitte von Korken über die nach abwärts führenden, in das Quecksilber tauchenden Drähte schiebt.

Es ist gut, die Lager der Wippe so hoch zu construiren, dass man nach dem Gebrauche derselben zwei kleine, unten mit Filz überzogene Brettchen über die Quecksilbernäpfe schieben kann, um damit das Verdunsten, sowie die Verunreinigung des Quecksilbers zu verhindern.

Für Messungen am Elektrometer, sowie zu Kabelmessungen bedarf man Commutatoren, bei welchen die möglichst hohe Isolation aller Theile Bedingung ist. Unter den für Arbeiten am Elektrometer bestimmten „Schlüsseln“ ist der von Dr. v. Beetz construirte am einfachsten und vortheilhaftesten.

Er besteht aus einer Hartgummigrundplatte, einer darauf befestigten Hartgummisäule, aus einer Messingfeder, zwei Bügeln und einem Wirbel. Der Wirbel, mit einer Handhabe versehen, lässt sich in der Säule drehen und wickelt an seinem Umfange einen Seidenfaden auf oder ab. Dieser Faden ist an die mittelste der Federn befestigt, deren oberes Ende den Bewegungen des Fadens nach links oder rechts folgt. Links und rechts der eben besprochenen Feder sind zwei nach der Hauptfeder

geneigte Metallbügel angebracht, von welchen der eine oder andere am oberen Ende in Contact mit der Feder gelangt. In den meisten Fällen sind zwei derartige Apparate nebeneinander auf derselben Grundplatte montirt. Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass die Federn sowohl wie Bügel und Schrauben wohl abgerundet und, mit Ausnahme der Contactpunkte, gut lackirt sind.

Der für Kabelmessungen gebräuchlichste Strom-, vielmehr Entladungsschlüssel, ist der von Sabine angegebene, dessen Construction als bekannt vorauszusetzen ist. Aehnlich ist der von Kempe*) construirte Entladungsschlüssel; der beste dürfte jedoch wohl der von J. Rymer Jones entworfene, von der Silvertown telegraph works Company hergestellte Schlüssel sein.

Fig. 36 giebt die Hauptansicht, Fig. 37 den Durchschnitt der Hauptsäule.

Die Hauptsäule *B* besteht aus zwei Säulen, einer inneren und äusseren Säule *A* und *B*, welche Theile bewirken, dass die Säule eine bedeutende Oberflächenlänge besitzt und dass sie aus diesem Grunde der Elektrizität einen bedeutenden Widerstand entgegensetzt.

Auf dieser Säule ist ein Messingblech mit zwei Platincontacten *g* und *b* aufgeschraubt.

Die beiden anderen Säulen tragen verticale Axen, auf welchen die mit Platin versehenen messingenen Contactstäbe *C* und *C*¹ bewegt werden können. Der Griff *e* hat einen Ansatz *r*, dessen Bedeutung sofort erläutert wird. Die rückwärtige Säule der Figur ist mit der Ladebatterie verbunden, die vordere mit dem Galvano-

*) H. R. Kempe, Elektrizitätsmessungen, deutsch von J. Baumann. Braunschweig 1883.

meter, die Hauptsäule mit dem Kabel. Soll nun das Kabel geladen werden, so wird der Hebel e nach links gerückt und dadurch der Contact $b\ c$ hergestellt, gleichzeitig stösst der Ansatz r den Hebel l' zurück und dieser verlässt den Contact $g\ c'$, so dass der Batteriestrom unmöglich in das Galvanometer gelangen kann. Soll

Fig. 36.

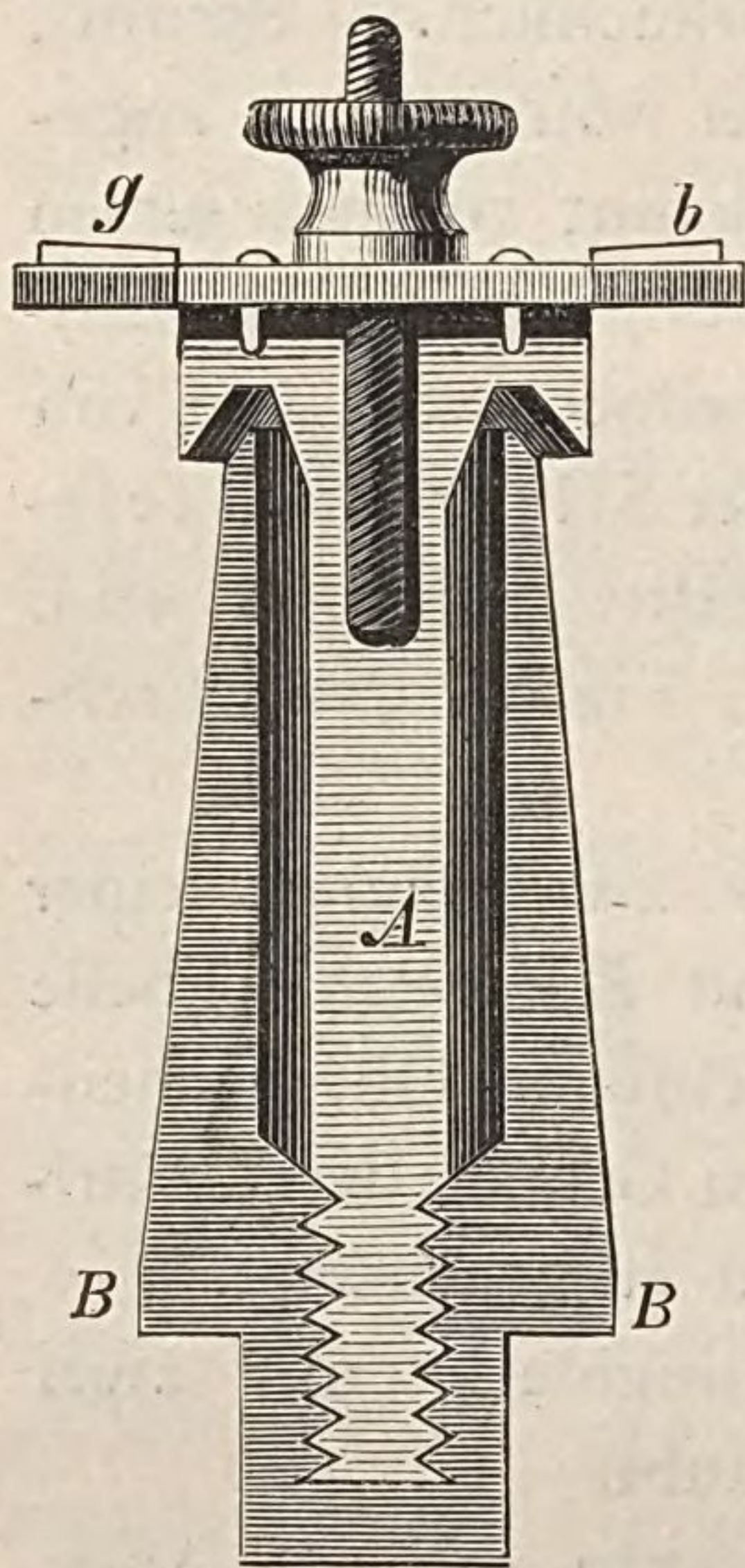
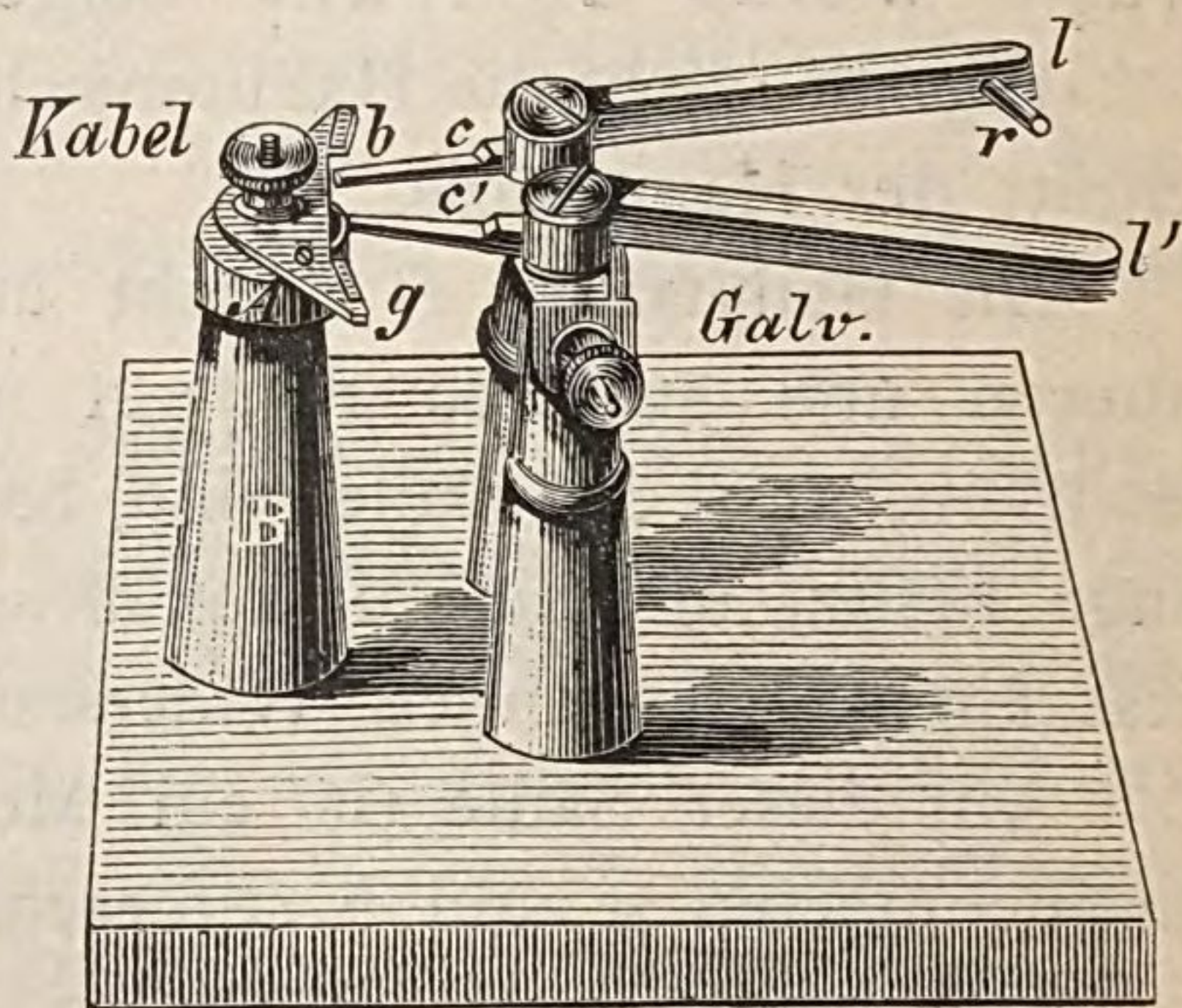


Fig. 37.



das Kabel isolirt werden, so wird der Hebel l' wieder nach rechts gedreht, der Contact $c\ b$ wird hierdurch aufgehoben. Soll das Kabel durch das Galvanometer entladen werden, so wird der Hebel e' nach rechts gedreht; sollte indessen vergessen worden sein, den Hebel e von der Kabelsäule zu entfernen, so stösst der Handgriff an den Ansatz r und hebt den Contact $c\ b$ auf, ehe noch $c'\ g$ geschlossen ist.

Es ist auch in diesem Falle das Messinstrument vor dem Batteriestrome geschützt. Der Hauptvorteil dürfte ausser diesem in der vorzüglichen Isolation der Hauptsäule liegen, welche, wenn die Hebel auf Isolation stehen, weiters in keiner Verbindung ist, weshalb Messungen nach Zeit mit diesem Schlüssel sehr genau gemacht werden können. —

Die Klemmen bezwecken die Verbindung eines Leitungsdrahtes mit einem zweiten oder mit Apparatentheilen. Ihre Construction ist durch deren Verwendungsart bedingt. Zum Klemmen zweier Drähte benütze man Klemmen, deren Drahtlöcher im rechten Winkel stehen und deren Druckschrauben an den Enden des cylindrischen Messingkörpers befestigt sind.

Der Durchmesser des Gewindes sei stets grösser als das Drahtloch, ausserdem bilde das letztere den Abschluss des inneren Gewindeganges, da bei völligem Durchbohren des Körpers die eingeklemmten Drähte leicht abgezwickt werden können. Im Laboratorium dürften drei Sorten Drahtklemmen ausreichend sein; die erste Sorte mit einer Drahtlochbohrung von 1 Millimeter für feine und Haardrähte, die zweite Sorte mit Bohrungen von 1.5 Millimeter für die gewöhnlich verwendeten Schemadrähte und Hilfsdrähte, und die letzte Sorte mit einer Bohrung von 2.5 bis 3 Millimeter für die starken Drähte der Dynamomaschinen.

Letztere Klemmen stellt man, abweichend von den vorbeschriebenen, aus ungefähr 6 Centimeter langen, 1.5 Centimeter dicken Messingklötzen her, in welche das excentrisch gesetzte, 2.5 bis 3 Millimeter im Durchmesser haltende Drahtloch der Länge nach gebohrt ist. Die dickere Fleischseite der Klemme wird durch vier auf

der Längsaxe senkrecht stehende Schrauben durchsetzt. Praktischerweise kann man die zweite und dritte Schraube mittelst des Schraubenziehers, die beiden äusseren mit der Hand beweglich machen.

Für Apparate werden die Klemmen vortheilhafter nicht mit Drahtlöchern, sondern mit Muttern hergestellt. Letztere können randerirt oder mit einem flachgefeilten angegossenen Handgriff nach Art der Flügelmuttern versehen sein. Diese Klemmen, um deren Gewindezapfen der Draht in Form einer Oese gelegt wird, haben den Vortheil, dass sie mit dem eingeklemmten Körper auf grössere Flächen Contact machen und dass sie sich weniger leicht öffnen. Die Klemmen an Elektrometern, Normalelementen, sowie an allen der statischen Elektrizität zugehörigen Apparaten sollen wohl abgerundet und mit kugelförmigen Köpfen versehen sein; auch ist es zu empfehlen, die Drahtlöcher derselben nicht völlig durchzubohren, damit nicht die Spitzen rissiger Drahtenden zum Ausströmen von Elektrizität Veranlassung geben können.

Alle Klemmen, besonders jene an den Batterien, bedürfen vor ihrer Verwendung einer Nachsicht; es sind hierbei sämmtliche flache Contactstellen mit Hilfe einer Feile, die Löcher mit Hilfe einer Reibahle zu reinigen. Das Verlöthen der Drähte an Klemmen sowie zweier Drähte unter sich geschehe, besonders wenn dieselben geringen Durchmesser besitzen, unter Benützung von Stearin, nie mit sogenannter Löthsäure, indem letztere, wenn nicht durch äusserst sorgfältiges Putzen entfernt, stets Veranlassung zur späteren Oxydation und zum Abfressen der Drähte ist.

Zur Verbindung von Apparaten, deren Standplatz wechselt, also dort, wo ein ständiges Stromschema un-

möglich ist, benütze man überspinnene Kupferdrähte, welche über einen dicken Bleistift zur Spirale gewickelt sind, und nehme, wenn möglich, stets die gleichen Drahtdimensionen. Da in einem passend eingerichteten Laboratorium die am öftesten gebrauchten Apparate ohnedies ihre ständigen Verbindungen haben, so beschränkt sich die Zahl der Hilfsdrähte auf wenige. Die meisten werden zur Verbindung der Elemente, ein kleiner Theil jedoch zu derjenigen der Messapparate benützt; diese letzteren, sofern sie bei ganz genauen Messungen Verwendung finden, sind auf ihren Widerstand zu prüfen und derselbe auf dem Drahte zu vermerken. Da letztere Operation Schwierigkeiten bereiten möchte, empfehle ich, auf diese Drähte, nahe ihrem einen Ende, flache runde und in der Mitte der Längsseite nach durchbohrte Hartgummiplättchen in der Grösse eines Zwanzigpfennigstückes zu schieben und dasselbe auf dem Drahte mit Guttapercha festzukitten. Auf die Flachseite kann man mittelst eines Grabstichels leicht die Grösse des Widerstandes eingraben und mit Hilfe weisser Oelfarbe ersichtlich machen. Eine Anzahl derartig auf ihren Widerstand geprüfter Drähte erleichtert oft wesentlich die Raschheit einer Messung. Ausser den Verbindungen in Laboratorien selbst benöthigt die Elektrotechnik auch Leitungen, welche im Freien geführt werden, theils zur Messung der Porzellanisolatoren, sowie zur Beurtheilung der Haltbarkeit der benützten Materialien, theils aber auch zu Versuchen über die Fortpflanzung der Elektrizität in Drähten, mehr aber auch zur Beurtheilung von Telephonen und verwandten elektrischen Uebertragungen.

Meines Wissens stehen auch gut ausgerüsteten elektrotechnischen Laboratorien bis jetzt keine grösseren

Luftleitungen zur Verfügung, es sei denn, dass für bestimmte Versuche ab und zu die staatlichen Telegraphenleitungen benützt werden. Kaum dürfte jedoch die Zeit fern sein, in welcher sogenannte elektrotechnische Versuchsstationen den Fortschritten der Telephonie insofern Rechnung tragen müssen, als sie Fabrikanten und Technikern längere Luftleitungen zur Verfügung stellen sollen. Es wird ausserdem an die eben genannten Laboratorien die Aufgabe herantreten, offene Leitungen zur praktischen Prüfung von Secundärgeneratoren und dergleichen herzustellen. Aus diesem Grunde mögen in Folgendem die Grundprincipien des offenen Leitungsbaues in Kürze Besprechung finden. Zur Herstellung der Leitungen für Laboratorien benöthigt man eines grösseren Gartens, einer Wiese oder sonst irgend eines freien, nicht von Bäumen bewachsenen Platzes. Damit man eine möglichst grosse Anzahl von Kilometern Leitung erzielt, ist auf die beste Ausnützung der gegebenen Fläche zu achten, man wird daher die Leitungsträger in möglichst geringen seitlichen Abständen aufstellen.

Für telephonische Versuche darf jedoch diese Annäherung ein gewisses Mass nicht überschreiten, indem sonst die gleichen Uebelstände, wie bei künstlichen Widerständen, nämlich die Induction der einzelnen Leitungen aufeinander, auftreten würde, dieser Uebelstand aber durch das Anlegen von offenen Leitungen vermieden werden soll. Eine allgemeine Regel über die Grösse dieser Entfernung lässt sich schwer angeben, da ja verschiedene Apparate mit wesentlich verschieden starken Strömen arbeiten. Die Stangen, gewöhnlich aus imprägnirtem Föhrenholze gewonnen, werden je nach Beschaffenheit des Bodens 0·90 bis 1·5 Meter in dem-

selben eingesetzt. Die Querträger können aus viereckigen Eichenhölzern oder aus Winkeleisen hergestellt sein, beide Arten werden durch eine Mutterschraube an die an dieser Stelle flachgeschnittene Stange angeschraubt. Die gegenseitige Entfernung der Drähte betrage im Minimum 40 Centimeter, bei geringerer Entfernung treten Inductionseinwirkungen schon bei wenigen Kilometern Leitungslänge störend auf. Es dürfte sich deshalb empfehlen, sofern man nicht die Inductionsvorgänge selbst zu studiren beabsichtigt, die Drähte auf einem geraden Stangensystem hin und zurück laufen zu lassen und von dem ersten Systeme auf ein ferneres gleich-angelegtes überzugehen u. s. w. In der Voraussetzung, dass der benützte Platz für Nichtbefugte abgeschlossen ist, kann man mit den Querträgern bis nahe 1 Meter oberhalb des Bodens herabgehen und in Folge dessen auf eine Stange von 7 bis 9 Meter Länge mit Querträgern für je sechs bis acht Isolatoren eine bedeutende Länge der Versuchsleitung bewirken.

Für telegraphische Versuche kann man grosse, Isolatoren, sogenannte Doppelmantelglocken von circa 12 Centimeter Höhe und 8 Centimeter Durchmesser, für telephonische die hierfür angenommenen kleineren Doppelmantelglocken von circa 8 Centimeter Höhe und 6 Centimeter Durchmesser benützen. Die Isolatoren werden auf Eisenstiften am besten mittelst Gypseinguss befestigt und diese Stifte auf die Querträger unter Benützung von Schraubenmuttern aufgezogen.

Bei dem Eingypsen hat man darauf zu achten dass kein alter, schon dem Erhärten naher Gypsbrei verwendet wird, und dass der Gypseinguss 3 bis 4 Centimeter vom Rande der inneren Glocke endigt,

ferner dass zufällige Gypslagen an den Glocken gründlich beseitigt werden.

Das Spannen der Drähte ist je nach der Natur derselben verschieden. Verzinkte Eisendrähte von 3 bis 5 Millimeter Stärke, sowie Stahldrähte von 2 Millimeter Durchmesser an erfordern die Verwendung eines Flaschenzuges mit Drahtklaue; Drähte aus Silicium- und Phosphorbronze benöthigen nur die Benützung eines Spannseiles und einer Rolle, dünne Kupferdrähte werden mittelst eines Feilklobens gezogen, dicke dagegen wie die Eisendrähte behandelt.

Nachdem die Stangen gesetzt, werden die Drähte von der Rolle abgewickelt und längs des Gestänges ausgelegt. Nach dem Aufbringen des Drahtes an die Isolirglocke wird derselbe mittelst sogenannten Bindedrahtes an derselben befestigt. Die Befestigung, welche das Abgleiten des Drahtes von dem Isolatorhalse bezweckt, soll gleichzeitig eine geringe Seitenverschiebung des Drahtes gestatten.

Man bindet meistens nach folgender bewährten Art: Man legt den Bindedraht auf die Rückseite des Isolators auf jene Seite also, an welcher der Leitungsdraht nicht anliegt, schlingt die beiden Enden des Bindedrahtes, denselben von unten nach oben führend, zweimal um den Draht und dreht dieselben endlich am Ausgangspunkte mit einer Zange schraubenförmig in einer Länge von 2 bis 3 Centimeter zusammen.

Die überflüssigen Längen werden durch eine Zwickzange entfernt. Die Bindedrähte sollen, wenn nicht die Festigkeit darunter leidet, stets aus demselben Materiale bestehen, aus welchem die Leitungsdrähte gefertigt werden, indem nur hierdurch locale Stromvorgänge,

die eine allmähliche Verminderung des Drahtquerschnittes an den Bindestellen bewirken, vermieden werden.

Die Verbindung der Drahtenden ist eine die grösste Sorgfalt erheischende Arbeit. Wenn möglich soll diese Arbeit immer vor Aufbringung der Drähte auf die Stange vollzogen sein. Eine einfache Würgestelle, das Zusammen-drehen der Enden mit oder ohne Hilfsvorrichtung ist zu verwerfen, vielmehr sind sämtliche Drahtverbindungen mittelst Zinnlothes zu bewerkstelligen.

Das Löthen der Drähte von über einem Millimeter Durchmesser kann mittelst Löthsäure und mittelst eines Löthkolbens geschehen.

In der bayerischen Telegraphenverwaltung ist eine Verbindungsart des Stahldrahtes, sowie des 3·5 bis 4·5 Millimeter starken verzinkten Eisendrahtes im Gebrauche, welche zu empfehlen ist, indem sie den Grundbedingungen einer Löthstelle am vollständigsten Rechnung trägt. Man bedingt nämlich bei einer brauchbaren Löthstelle dieselbe Leitungsfähigkeit, wie bei dem verwendeten Drahte, dieselbe Bruchfestigkeit und ein geringes Gewicht, sowie auch unbedeutende Grösse der Verbindungsstelle. Nach dem in der bayerischen Verwaltung üblichen Verfahren werden die beiden Enden der zu verbindenden Drähte weder tordirt, noch in sonst schädlicher Weise beansprucht, es wird einfach jedem Ende ein kleines Häkchen angebogen, die beiden nebeneinandergelegten Endstücke, welche vielleicht 7 bis 8 Centimeter gegenseitig übergreifen, mit straff angezogenem Bindendraht umwickelt und die Enden des Bindendrahtes ausserhalb der Häkchen noch einigemale um den einfachen Draht gewunden. Die nun folgende Operation besteht in dem Löthen des Verbindungsdrahtes, das ist in dem Bestreichen desselben

mit Löthwasser und Verzinnen der Stelle mittelst Loth. Fig. 38, 39, 40 und 41.

Fig. 38.

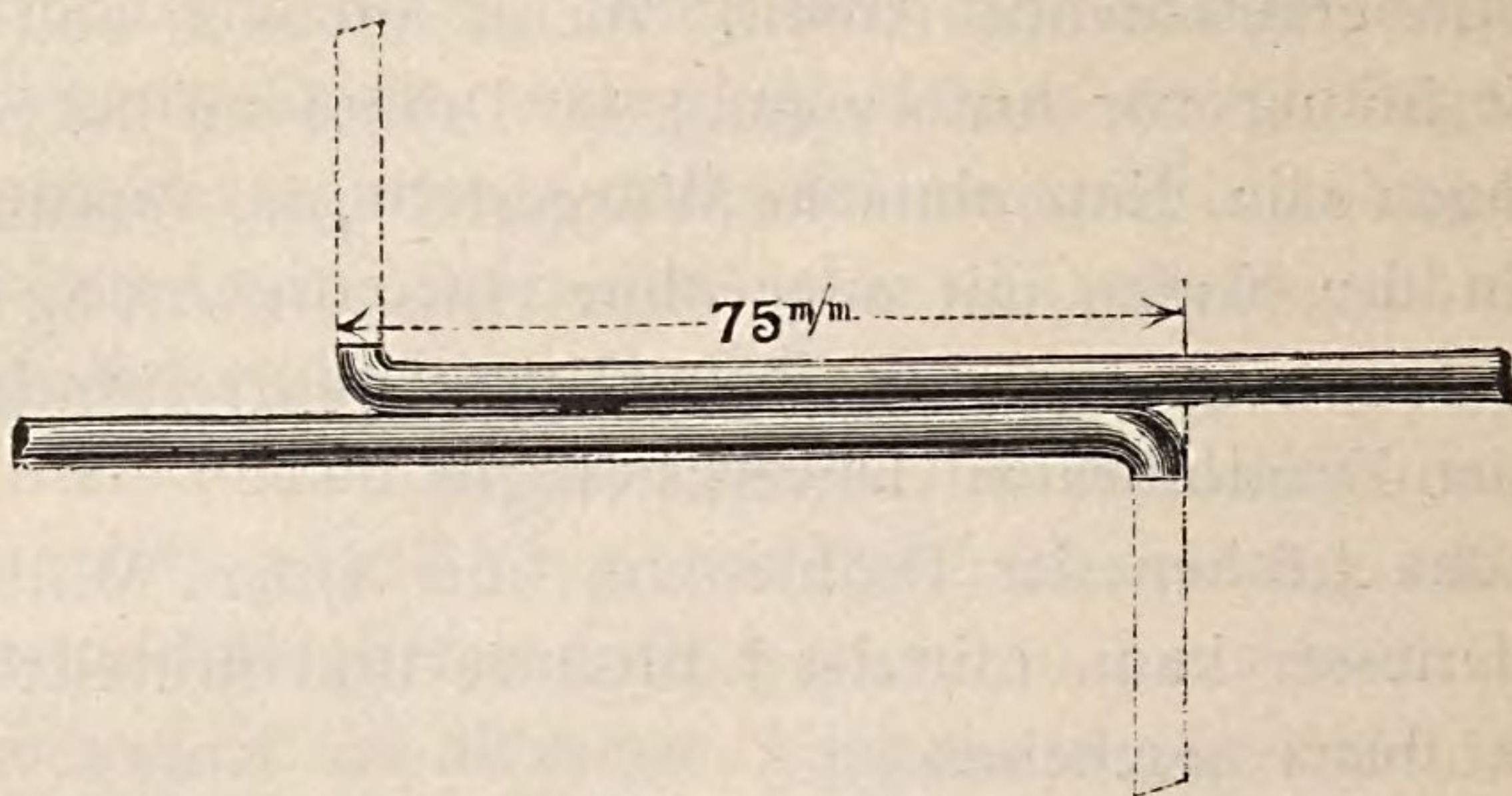


Fig. 39.

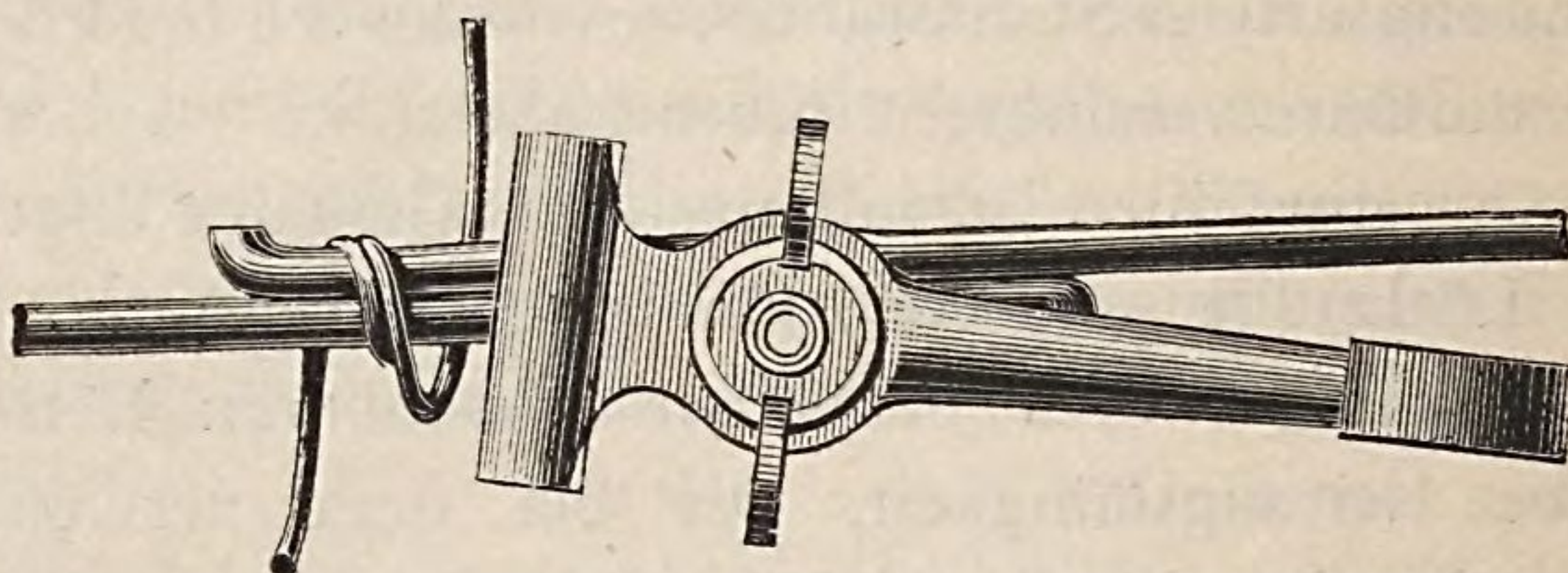


Fig. 40.

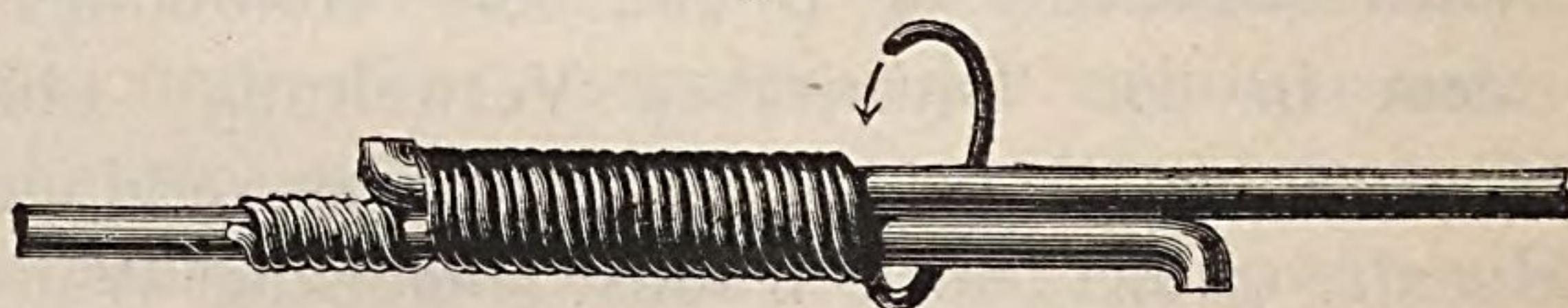


Fig. 41.



Man hat darauf zu achten, dass der Löthkolben genügend heiss ist, und dass das Loth der ganzen Länge nach in die Innenräume zwischen den beiden Hauptdrähten und dem Bindedrahte einfliesst. Die beiden

Endstückchen des Bindendrahtes werden in gleicher Weise an den Drähten verlöthet.

Diese Löthstelle entspricht allen oben aufgezählten Bedingungen, die Bruchfestigkeit ist unvermindert, die Leitungsfähigkeit eher bedeutender, das Gewicht sowie die räumliche Platzbeanspruchung gering. Werden die Verbindungsstellen in Magazinen gefertigt, so findet hierbei eine Art Presse Verwendung, wodurch die beiden nebeneinanderliegenden Drahtstücke in nähere Berührung gebracht werden.

Drähte aus Kupfer oder Bronzearten verbindet man besser durch gegenseitiges Umwickeln in Schraubenform und nachheriges Löthen.

Es ist zu bemerken, dass dünnere Drähte nur mittelst Stearin oder Kolophonium gelöthet werden sollen, welche Mittel die Stelle der Löthsäure vertreten. Diese Art Löthung bedingt grössere Geschicklichkeit des Arbeiters, namentlich hat derselbe ein zu starkes Erhitzen der Drähte zu vermeiden.

Nach Vollendung der offenen Leitungen müssen die Enddrähte oder eine Gruppe von Drähten, welche verschiedene Verbindungen erlauben, in das Laboratorium eingeführt werden.

Hierzu bedient man sich der Einführungsdrähte und der Einführungsglocken oder Einführungstüllen. Die Einführungsdrähte bestehen durchgängig aus Guttaperchadraht mit Juteumspinnung und Asphalttränkung. Die Einführungen müssen derart gebildet werden, dass dem auf die Isolatoren fallenden Regen oder angesetzten Reife u. s. w. kein Weg geboten wird, Feuchtigkeit an die Einführungsdrähte abzugeben. Zwei Mittel, das eine bei Telegraphen-, das andere bei Telephonleitungen in

Verwendung, geben genügenden Schutz gegen den Uebergang von Feuchtigkeit und verhindern in bedeutendem Masse Isolationsverluste.

Das erste Mittel, durch die sogenannten Einführungstüllen gegeben, besteht aus einer Hartgummi-, Porzellan- oder emaillirten Gusseisenröhre, welche in die Laboratoriumsmauer eingesetzt ist und aussen einen abwärtsgehenden Trichter von grösserem Durchmesser als die Röhre besitzt.

Bei Benützung dieser Einführungen ist der letzte Isolator unterhalb der Trichteröffnung anzubringen, nicht, wie es aus Unkenntniss geschieht, höher anzuschrauben. Am Isolator wird der erwähnte starke Guttaperchadraht mit dem Leitungsdrahte verlöthet und nach aufwärts, genau in der Mitte des Trichters, in die Röhre und von dort in den Laboratoriumsraum eingeführt.

Sollten es locale Verhältnisse unmöglich machen, den Isolator tiefer als die Einführungstülle zu stellen, so ist dafür Sorge zu tragen, dass der Guttaperchadraht in einem Bogen in die Mitte des Trichters eintritt, auf keinen Fall aber am Rande desselben anliegt, da hierdurch, wie leicht ersichtlich, die Wirksamkeit dieses Mittels nichtig würde. Das Anbringen der Einführungstüllen erfordert immer eine Beschädigung der Mauer durch Löcherschlagen, nachträgliches Einmauern oder Eingypsen der Röhren, Arbeiten, welche, wenn sie in beständiger Wiederholung vorkommen, bedeutenden Aufwand an Zeit und Arbeitsmaterial erfordern.

Bei städtischen Telephonanlagen behilft man sich zur Schonung der Wände der Privathäuser mit einer eigenartigen Schutzvorrichtung. Sie besteht aus einer Hartgummiglocke von Form und Grösse der kleinen

Isolirglocken, an Stelle des Kopfes tritt jedoch ein Gewindestück, das von einem Drahte durchsetzt ist. Die Einführung durch diese Hartgummiglocke vollzieht sich in folgender Art:

Der aus dem Gewindestücke hervorstehende steife Draht wird mit dem Leitungsdraht am letzten Isolator verlöthet und einmal seitlich der Isolirglocke gebogen. Der Guttaperchadraht wird nun durch die Hartgummihülse gesteckt und an dem unteren Ende des vorgenannten Drahtes verlöthet. Die Löthstelle wird mit Chatterton-Compoundmischung überzogen und hierauf die Hartgummihülse an das Hartgummi-Gewindestück angeschraubt. Bei sachgemäßem Verfahren hängt die Hartgummiglocke nunmehr an der Seite des Isolators, ohne ihn zu berühren, der Guttaperchadraht tritt aus der Mitte der Glocke heraus und wird von hier aus unter Herstellung einer kleinen Biegung durch ein in den Fensterrahmen gebohrtes Loch in den gewünschten Raum eingeführt.

Die Weiterleitung der Guttaperchadrähte erfolgt, wie früher beschrieben, an Holzklammern. Einen fernerer Bestandtheil der offenen Leitung, sofern die beiden Enden nicht in denselben Raum münden, bildet die Bodenleitung. Die Güte einer Bodenleitung besteht darin, dass sie auch dem stärksten zur Erde überzuführenden Strom einen geringen Uebergangswiderstand entgegensetzt; ausserdem bedingt man, dass sie dauerhaft und in der Anlage billig ist und dass sie keine Veranlassung zur Erzeugung localer Stromwirkungen giebt.

Die Bodenleitung soll bis zum Grundwasser geführt werden und dort je nach Stärke der überzuführenden Ströme in eine mehr oder minder grosse Platte aus

Kupfer oder gutverzinktem Eisenbleche endigen. Das umliegende Erdreich muss zum mindesten eine in allen Jahreszeiten gleichbleibende Feuchtigkeit besitzen. Sind die Bodenschichtungen bekannt, so sehe man darauf, dass die Platte nicht ringsum von isolirendem Lehm oder Gesteinlagerungen eingeschlossen ist. Der nach aufwärts führende Draht, bei Kupferplatten aus Kupfer, bei Eisenplatten aus verzinktem Eisendraht, muss im innigen Contacte mit der Grundplatte stehen, am besten also an mehreren Stellen mit derselben verlöthet sein.

Man verwendet grösstentheils einen stärkeren Draht, als derjenige der Luftleitung ist, öfter aber noch werden drei bis fünf Luftleitungsdrähte, zusammengedreht, benützt.

Alle Bodenleitungen sind einem ziemlich raschen Verderben ausgesetzt, besonders aber geben diejenigen Stellen zum Versagen Anlass, an welchen die Drähte aus dem Erdreiche in die Luft übertreten. Zur Verhütung von Oxydation sowohl als auch mechanischen Beschädigungen an diesen Stellen ist anzurathen, die Drähte entweder einen Meter ober- und unterhalb des Bodens mit Gespinnst und Asphaltanstrich zu schützen, oder noch besser auf diese Länge ein Eisenrohr überzuschieben und dasselbe mit Pech und dergleichen auszugiessen.

Unter den vielen neueren Vorschlägen zur Verbesserung und Vereinfachung von Bodenleitungen mag derjenige des österreichischen Telegraphenbeamten v. Grüner in Feldkirch, sowie der des Herrn Malisz, Ingenieurs der Carl Ludwigs-Bahn in Lemberg, Erwähnung finden. Beide benützten statt einer massiven Metallplatte Schichten von Coaks.

v. Grüner bohrt in ein grösseres Stück Coaks ein 3 Centimeter tiefes, 0.6 Centimeter Durchmesser haltendes

Loch, verstopft die Poren mit heissem Wachse und giesst in dasselbe mittels Blei einen umgebogenen Kupferdraht ein. Dieses Coaksstück wird in eine Grube verlegt und diese mit eingestampften Coaksstücken ausgefüllt. Der Kupferdraht wird durch ein Bleirohr, das bis zu dem präparirten Coaksstücke reicht, geschützt.

Die Bodenleitungen des Ingenieurs Malisz werden in ähnlicher Weise gefertigt.

Ein 2 Meter tiefer, 1 Meter breiter Schacht wird mit einer Schichte Coaks 10 bis 15 Centimeter hoch beschüttet und letztere eingestampft. Auf diese Schichte legt man eine Retortenkohlenplatte, an welcher der Leitungsdraht mit Hilfe einer Lasche befestigt ist. Der Schacht wird nun bis auf eine kleine Oeffnung zugeworfen und diese, in deren Mitte sich der Leitungsdraht befindet, mit Coaks ausgefüllt. Die Coaksfüllung wird noch bis auf geringe Höhe oberhalb des Bodens fortgesetzt.

Die Voltameter.

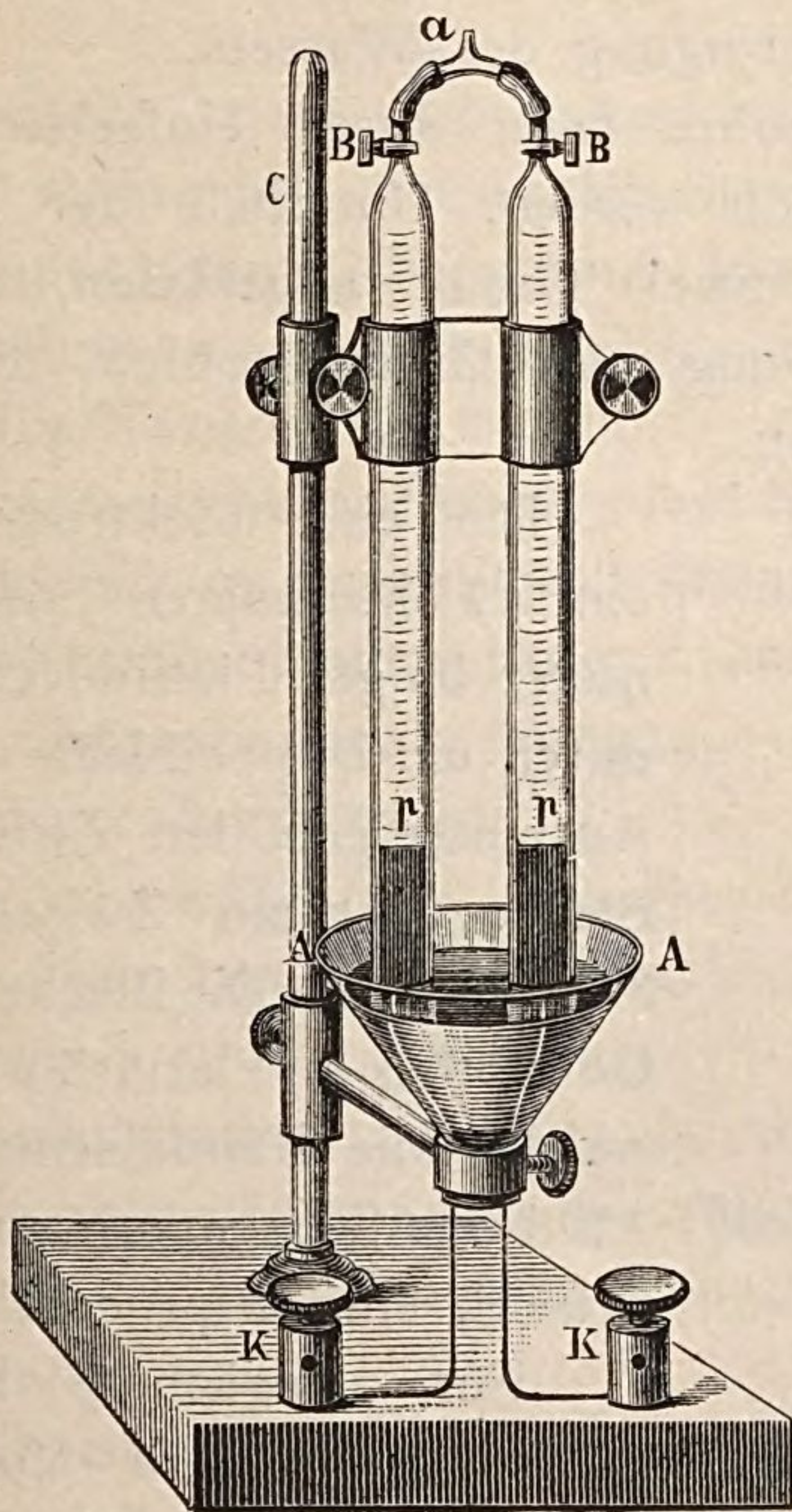
Unter den Voltametern haben Knallgas-, Silber- und Kupfervoltameter praktische Verwendung erlangt.

Die Zersetzung des Wassers wurde schon frühzeitig zur Messung von Stromstärken benützt.

Die älteren Constructionen bestanden grösstentheils aus einem an einer Eisensäule befestigten Glastrichter *A*, Fig. 42, als Reservoir, in welches zwei mit angesäuertem Wasser gefüllte Glascylinder *BB*, vertical aufgehängt, eintauchten. Jeder dieser Cylinder schloss ein Platinblech *rr* oder eine Platinspirale ein; die Stromführung geschah durch wohlisolirte Drähte, die in dem Halse des Trichters eingekittet waren und durch Klemmen *KK* mit der Stromquelle verbunden wurden. Die Glascylinder trugen eine Theilung. Aus der in der Secunde ausgeschiedenen Glasmenge, unter Berücksichtigung des Barometerstandes konnte die Stromstärke berechnet werden. Vornehmlich für praktische Zwecke hatte ein Voltameter nach Mohr vielfache Verbreitung. Er unterscheidet sich von dem vorbeschriebenen Instrumente hauptsächlich dadurch, dass bei demselben die Menge des durch das entwickelte Knallgas verdrängten Wassers gemessen wurde.

Die Voltameter, bei welchen die Zersetzung des Wassers benützt wird, hatten im Allgemeinen keinen hohen Genauigkeitsgrad. Es mochte dieser Missstand auch daher rühren, dass die Beziehungen zwischen Plattengrösse und Stromstärke, sowie Säuredichte wenig bekannt waren.

Fig. 42.



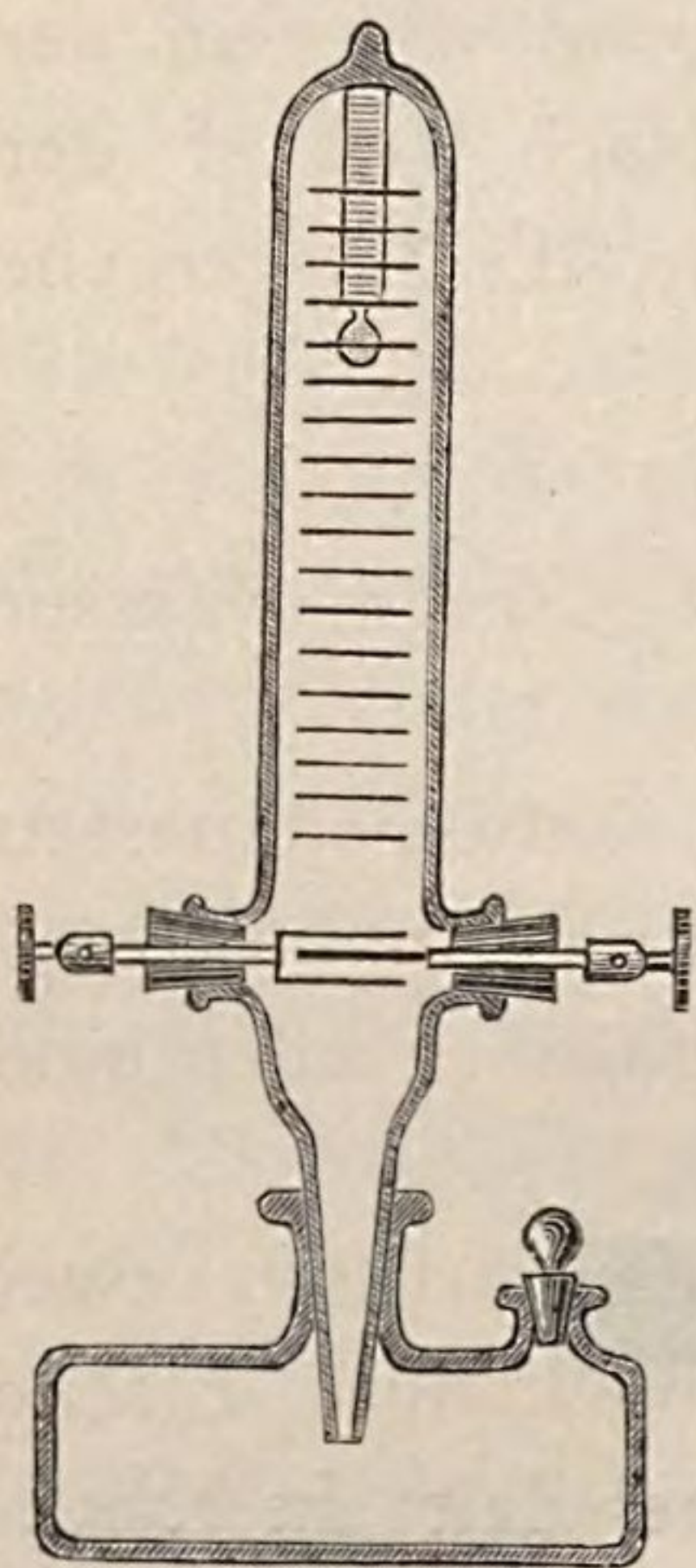
Kohlrausch hat in letztvergangener Zeit ein Knallgasvoltameter angegeben, das hauptsächlich für starke Ströme, bis 30 Ampère, construiert ist, und welchem für diese Stromstärke noch genügend genaue Resultate nachgerühmt werden. Das Instrument, von O. Wiegand in Würzburg gefertigt, besteht aus einer circa 40 Milli-

meter weiten Glasröhre, welche 200 Centimeter fasst und von 5 zu 5 Centimeter getheilt ist; Fig. 43.

In dem obersten Theile der Röhre ist ein kleines Thermometer eingeschmolzen. Die Röhre verengt sich nach unten in einen Conus, der in einer weiten flachen Glasflasche steckt. Diese Flasche hat eine seitliche Oeffnung zur Einbringung des Wassers.

Die Glasröhre kann durch einfaches Stürzen des Apparates gefüllt werden. Unterhalb der Theilung sind an der Röhre zwei Tubuli angeblasen, durch welche unter Vermittlung von Gummistopfen die Platinelektroden eintreten.

Fig. 43.



Die eine Elektrode wird durch ein 17 Millimeter breites, 40 Millimeter langes Platinblech, die andere durch ein Doppelblech von ähnlichem Ausmasse gebildet. Zwischen den drei Blechen ist ein Zwischenraum von 3 Millimeter. Die Bleche sind mittelst Goldlothes an Platinröhrchen gelöthet, welche die Klemmschrauben tragen. Als beste Säuremischung giebt Kohlrausch eine 20procentige an.

Für schwächere Ströme giebt Ledinghams ein Voltameter an bei welchem nicht die ausgeschiedene Gasmenge, sondern der Abgang des zersetzten Wassers gewogen wird; er nennt den Apparat deshalb Gewichtsvoltameter.

Der Apparat besteht aus einer circa 4 Centimeter weiten Glasröhre, die sich in einer Höhe von ungefähr 15 Centimeter verengt, alsdann kugelförmig erweitert

und als dünnere Röhre abschliesst. Die kugelförmige Erweiterung ist mit Glassplittern gefüllt. An der oberen dünnen Röhre ist ein U-förmiges Rohr angesetzt, das in ein Gefäss, zur Aufnahme von Chlorcalcium bestimmt, mündet. In der Hauptröhre, die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt wird, befinden sich die beiden Platinelektroden.

Der Gebrauch dieses Apparates ist sehr einfach; man füllt die Röhre mit verdünnter Säure, das Chlorcalciumrohr mit Chlorcalcium und lässt den Strom etwa eine Minute in dem Apparate wirken. Hierauf wiegt man; das Gewicht sei W_1 .

Nun wird der Apparat wieder mit der Stromquelle verbunden und der zu bestimmende Strom während der Dauer des Versuches durchgeleitet. Nach Verlauf der Versuchszeit erfolgt die zweite Wägung; dieselbe ergebe W_2 . Es berechnet sich hieraus

$$J = \frac{W_1 - W_2}{0.0000945 \text{ t}} = \text{Ampère},$$

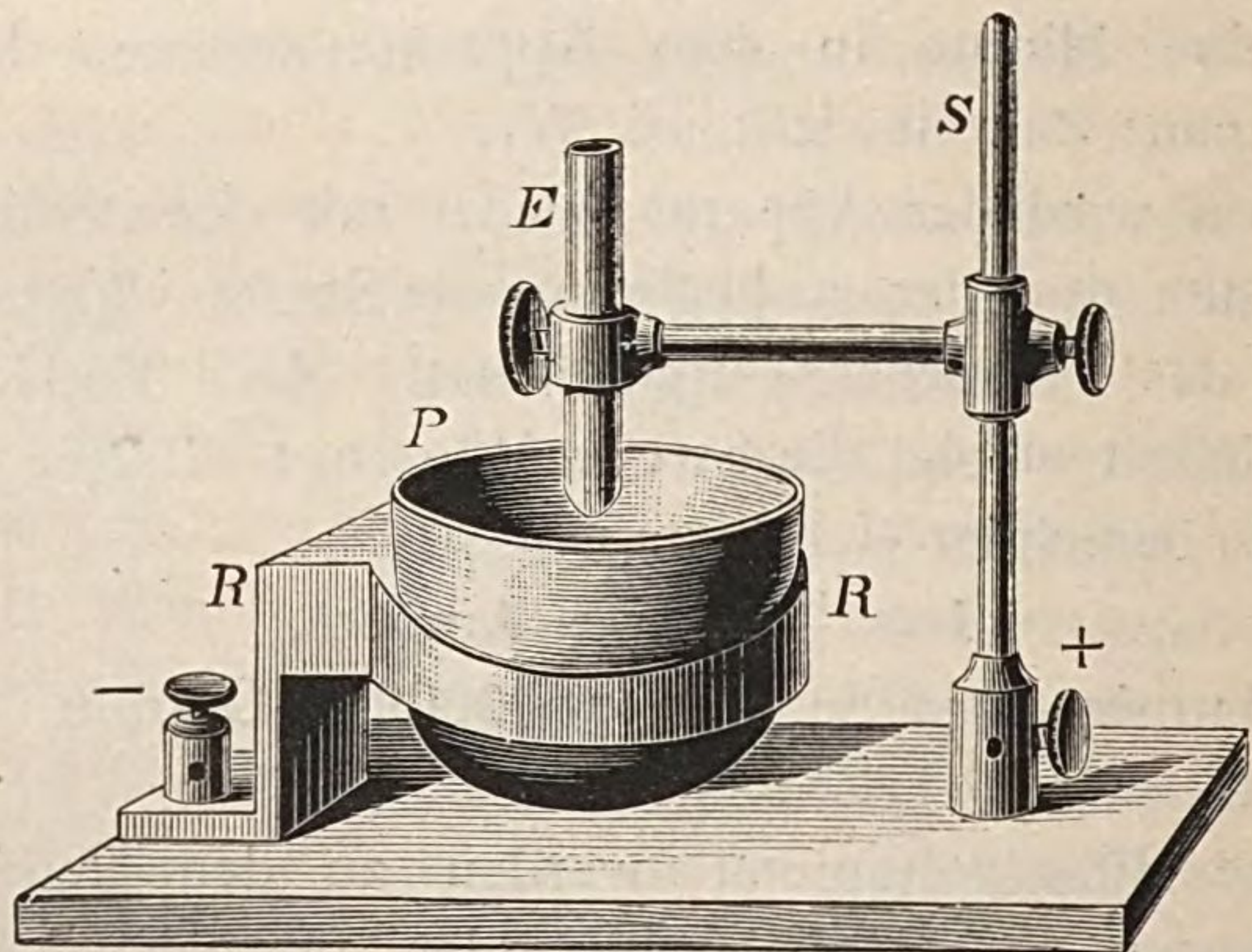
da 1 Ampère pro Secunde 0.0000945 Gramm Wasser zersetzt.

Die Silbervoltameter werden zu den genauesten gerechnet und eignen sich besonders für geringe Stromstärken. Man zersetzt in denselben Cyansilber oder eine Silbernitratlösung.

Die Voltameter können sehr einfach durch zwei concentrisch in einem Glasgefässe eingehängte Bleche aus Silber oder aus Silber- und Platinblechen bestehen. Hat man viel mit Voltametern zu arbeiten, so empfiehlt sich eine fixe Zusammenstellung des Apparates. v. Beetz hat eine einfache, brauchbare und wohl sehr verbreitete derartige Zusammenstellung angegeben, welche von Dr. Edelman in folgender Form ausgeführt wird:

Auf einer, ungefähr einen Centimeter dicken Hartgummiplatte ist eine Messingsäule mit Klemmvorrichtung aufgeschraubt. Seitlich auf der Grundplatte ist eine Messingplatte befestigt und auf diese drei Federn, die einen Platintiegel halten, angebracht. An der Säule ist ein horizontaler Arm zu verstellen, an dessen Ende eine Schraube ist, zur Klemmung des die positive Elektrode haltenden Drahtes. Die Elektrode ist aus einem conisch gerollten Silberbleche gebildet, oder auch

Fig. 44.



aus einem starken Silberdraht in Form einer eng gewickelten Spirale. Die Elektrode wird mit dünnem Pergamentpapier umwickelt. Diese Hülle hat den Zweck, allenfallsig sich abtrennende Silbertheile von dem Platintiegel fernzuhalten. Den gleichen Schutz erreicht man bei Benützung einer Drahtspirale, an welcher man unten ein Uhrglas, an dem drei Glasnasen eingeschmolzen sind, anhängt.

Vor dem Versuche wird der Platinpol abgebeizt, alsdann schwach geglüht und gewogen. Nach dem Ein-

bringen in die erwähnten Federn wird er am besten mit einer zehnprocentigen Silbernitratlösung nahe bis zum Rande gefüllt.

Die positive Elektrode wird an der Säule herabgelassen und möglichst in die Mitte des Bades gebracht.

Als nothwendig zur Erzielung genauer Resultate empfiehlt Dr. Kittler, die Stromstärke nicht über 0.5 Ampère für den Quadratdecimeter Platin ansteigen zu lassen.

Nach Beendigung des Versuches wird die positive Elektrode langsam aus dem Bade gezogen, dieses vorsichtig entleert und der Tiegel mit einer Spritzflasche ausgespült. Man achte darauf, den Strahl so mässig zu halten, dass nicht kleine Silberansätze, wie solche bei stärkeren Strömen entstehen, abgeschwemmt werden.

Der gereinigte Tiegel wird in der Flamme, besser in der Wärme, rasch getrocknet und wieder gewogen.

Die vorstehende Fig. 44 zeigt einen dem v. Beetz-schen Voltameter ähnlichen Apparat. Hierbei ist *P* der Platintiegel, *R* der Halter, *E* der Silberstab und *S* die Stange zum Heben und Senken der Silberelektrode.

Zur Messung stärkerer als oben angegebener Ströme müssten die Elektroden des Silbervoltameters ganz bedeutende Dimensionen erhalten. Das Instrument würde deshalb ein äusserst theurer, Wenigen zugänglicher Apparat. Grössere Stromstärken werden deshalb stets mit dem Kupfervoltameter gemessen.

Dieses Voltameter wird äusserst einfach zusammengestellt. Entweder man setzt für minder genaue Versuche drei Kupferplatten in ein rundes oder längliches Glasgefäss ein, wobei die beiden äusseren verbunden werden und die Anode bilden, oder für exacte Bestimmungen

zwei verbundene Kupferplatten und dazwischen eine Platinplatte als Kathode.

Die Platinplatte soll vor dem Einsetzen abgebeizt, getrocknet und, ohne sie mit den Händen zu berühren, gewogen werden. Als Lösung empfiehlt Dr. Kittler eine Mischung von drei Theilen concentrirter eisenfreier Kupfersulfatlösung und zwei Theilen destillirten Wassers. Als geeignetste Stromstärke giebt der Letztgenannte 2·5 bis 3 Ampères Stromstärke auf den Quadratdecimeter Platinelektrode an. Nach Beendigung des Versuches wird die Platinplatte vorsichtig gewaschen und im Luftbade, oder wenn ein solches nicht zur Verfügung steht, zwischen Fliesspapier getrocknet.

Es ist ausserdem vortheilhaft, die Platte vor der zweiten Wägung in einer Glasglocke, in welcher sich eine Schale mit Chlorcalcium befindet, völlig von Feuchtigkeit zu befreien.

Sind die zu bestimmenden Stromstärken sehr bedeutend, so kann man entweder nur einen Theil des Stromes durch das vorbeschriebene Voltameter leiten, oder aber man ist zur Verwendung grosser Platten gezwungen.

In diesen Fällen wird auch die Kathode aus Kupfer gefertigt; man giebt ihr jedoch ein möglichst geringes Gewicht, um noch auf feineren Wagen arbeiten zu können.

Die Kupferkathode ist vor Benützung in Salpetersäure zu beizen, gut zu waschen und getrocknet zu wiegen.

Nach Kohlrausch scheidet die Stromstärke „Ein Ampère“ in der Minute 19·686 Milligramm Kupfer aus.

Die Nebenapparate der Laboratorien.

Ausser den physikalischen und chemischen Apparaten benöthigt man in Laboratorien eine Anzahl Hilfsapparate, deren mehr oder minder zweckentsprechende Constructionen zwar nicht die Richtigkeit der Messungen beeinflussen, deren praktisch handliche Ausführung jedoch die Raschheit und Bequemlichkeit der Arbeiten bedeutend fördert, so dass eine kurze Uebersicht derselben unter Betrachtung der Vortheile und Mängel wohl gerechtfertigt sein dürfte.

In innigem Zusammenhange mit den Messinstrumenten stehen die hierzu nöthigen Aufstellungspunkte, die Consolen und Stative.

Die Consolen, gewöhnlich aus Stein, in neuerer Zeit häufiger aus Zinkguss hergestellt, sind, sofern sie aus dem erstgenannten Material gefertigt werden, mittelst Gyps oder Cement direct in die Mauer eingesetzt. Diese Arbeit muss natürlich den bezüglichen Handwerkern überlassen werden. Dient der Steinsockel zum Aufstellen eines magnetischen Instrumentes, so ist die zu verwendende Steinart vor dem Einmauern einer Untersuchung

in Bezug auf Eisenfreiheit zu unterziehen, da selbst völlig fleckenfreier weisser Marmor Spuren von Eisen aufweist, rothe Marmorsorten aber sicherlich grössere Mengen Eisenoxydes nachweisen lassen.

Consolen aus Metall bedürfen in Bezug auf Eisenfreiheit gleichfalls der Controle. Ihr Bau ist von der jeweiligen Verwendungsart abhängig; man achte darauf, dass die Form, im Falle die Consolen als Standplatz elektrischer Apparate benützt werden, derartig gebildet ist, dass das Auftreten von Flächenströmen durch Einschnitte in die Masse des Consolhauptkörpers gehindert wird. Die Befestigung der Console an der Wandfläche geschehe stets an drei der Console angegossenen, an der Rückwand etwas hervorstehenden Auflagepunkten unter Benützung von Messingschrauben. Unter den Metallconsolen dürften die aus Zinkguss als die billigsten im Allgemeinen zu empfehlen sein; die Verwendung des Zinkes ist seiner Spröde halber dort unstatthaft, wo besonders ausladende Formen, welche am Ende einer starken Belastung ausgesetzt sind, benöthigt werden. Für derartige Ausnahmefälle empfiehlt sich Messing oder Rothguss, oder die Herstellung der Console aus 6 Millimeter starkem gewalztem Zinkbleche unter Verlöthung der einzelnen Theile.

Ich habe mich mit der Beschreibung der Console länger beschäftigt, als die Einfachheit des Stoffes es erforderlich erscheinen lässt; betrachtet man indessen unsere heutigen Laboratorien, so findet man eine äusserst geringe Zahl von Anwendungen dieses ebenso einfachen, wie billigen Hilfsmittels.

Die Consolen bieten im Gegensatze zu den so häufig verwendeten Dreifüssen eine absolut sichere, unveränder-

liche und vor allen zufälligen Einwirkungen geschützte Aufstellung; ihr Preis sammt Montage ist bei der complicirtesten Ausführung wohl nie höher als der des einfachsten Dreifusses, stets billiger als ein Mauerpfeiler, der Zimmerboden endlich ist in keinem Theile anderer Benützung entzogen.

In dem ferneren Capitel „Die Laboratorien“ werde ich indessen zeigen, dass dieses Hilfsmittel bei ungünstigen Räumlichkeitsverhältnissen nicht ausreichend ist, und dass namentlich zur Aufstellung der Ablesefernrohre in besonderen Fällen Dreifüsse in Gebrauch genommen werden müssen. Die Eigenschaften, welchen Dreifüsse genügen sollen, richten sich nach der Art der Verwendung. Transportable Dreifüsse bedingen vermindertes Gewicht und geringe Raumeinnahme, ferner die Möglichkeit, den zusammengelegten Fuss leicht und rasch aufstellen zu können. Der Dreifuss, welcher nur dem Laboratorium dient, soll im Gegensatze zu dem Vorhergehenden ein bedeutendes Gewicht besitzen, möglichst stabil und möglichst unveränderlich construirt sein.

Zu transportablen Dreifüssen kann man mit Vortheil jede Art der für Theodolite gebräuchlichen hölzernen Dreifüsse benützen, öfter noch werden zu transportablen Instrumenten, als magnetischen Reisetheodoliten etc. etc., Stative mit Füßen aus Messingröhren gebaut, welche leicht im Gewichte und bei geringer Raumeinnahme ein gewisses zierliches Aussehen mit hinreichender Steifheit verbinden. Die Anfertigung derselben geschieht, wie folgt:

In drei Messingrohre von 2 bis 3 Centimeter Durchmesser und 1 bis 1.50 Meter Höhe werden am unteren Ende spitze Messingconen, am oberen Gelenkbänder eingelöthet. Die Gelenkbänder werden an dem Haupt-

körper durch Messingschrauben mit Flügelmuttern verbunden. Die Form des Hauptkörpers ist die einer dreitheiligen Platte. In Mitte derselben ist, nach abwärts gehend, eine kurze Messingröhre eingelöthet, welche zur Aufnahme einer starken Spiralfeder aus Neusilber dient (3 bis 4 Millimeter-Draht), welche in den Apparat eingehängt wird, wodurch das Ablesefernrohr z. B. fest an die Platte angedrückt wird. Die Stellschrauben des aufgestellten Instrumentes ruhen in drei radialen Schlitzten, welche in die Platte eingehobelt sind. Bei der Wahl einer genügend starken Feder ist es unmöglich, das Instrument durch Ungeschicklichkeit von dem Dreifusse zu stossen.

Gebraucht man diesen Dreifuss ausschliesslich im Laboratorium, so ist es angenehm, die Spitzen, welche den Boden beschädigen würden, durch eingesetzte, 1 Centimeter starke runde Gummistücke zu ersetzen.

Das nachfolgend beschriebene Stativ, das ich längere Zeit benützte, hat den Vortheil, dass es selbst an Orten Dienste leistet, wo andere Dreifüsse, der Schwankungen des Bodens halber, den Dienst versagen.

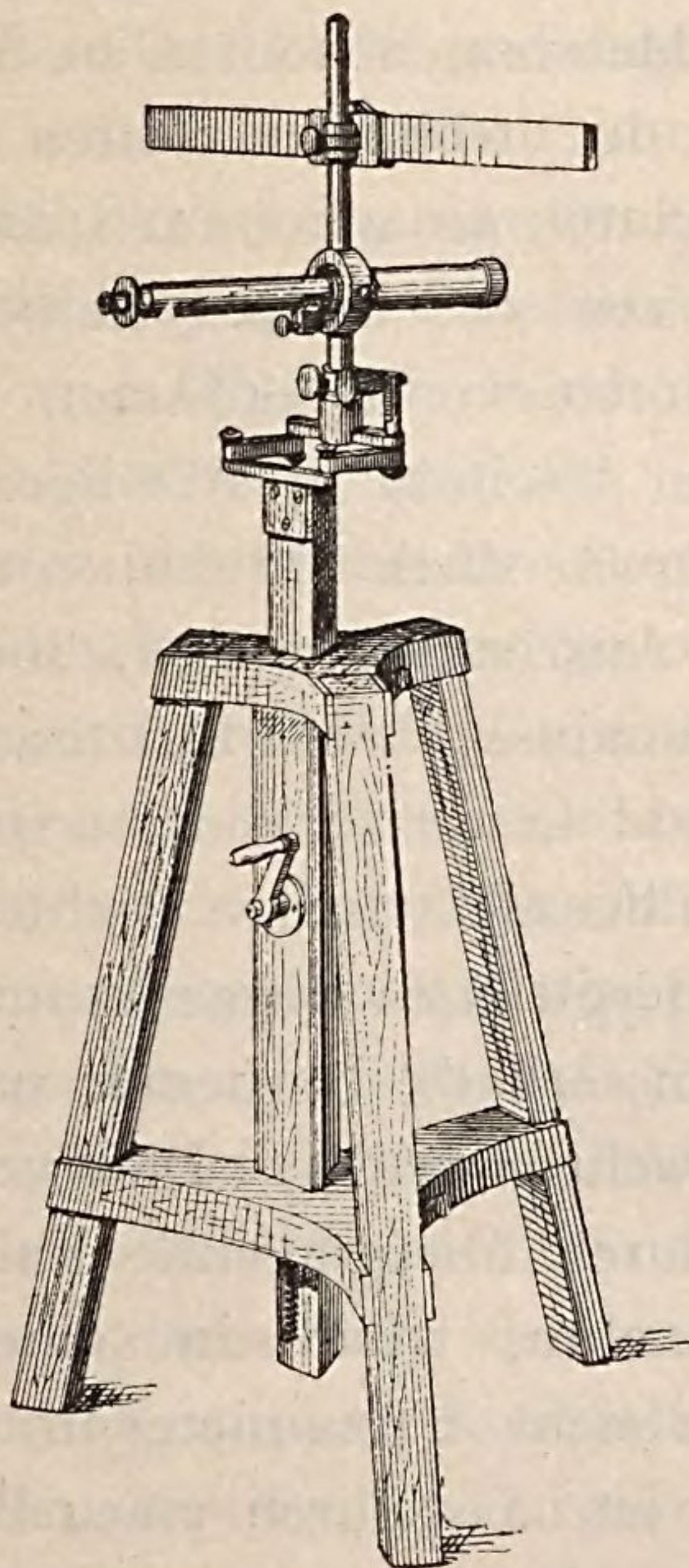
Drei starke, 5 bis 7 Centimeter im Viereck haltende, trockene Ahorn- oder Eichenbalken sind durch drei dünne Bretter zu einer Pyramide verbunden.

Die Pyramide ist mit einer mehrfach verleimten runden Holzplatte gedeckt, welche ein Loch besitzt, durch welches die vorgenannte Spiralfeder gesteckt wird; ferner ist das eine der Verbindungsbretter mit einem Ausschnitte versehen, um zu dem Ende der Spirale gelangen und dieselbe in einen Haken einhängen zu können.

Das untere Ende der Pyramide ist mit einem Brette geschlossen; das Innere derselben wird mit feinem Fluss-

sande gefüllt. In die Füße, welche durch die drei genannten Balken gebildet werden, sind starke rothe Gummistopfen eingelassen. In Folge des bedeutenden Gewichtes — 0·8 bis 2·0 Centner — der Pyramide und der Anwendung der elastischen Gummifüße sind mässige

Fig. 45.



Erschütterungen für Ablesefernrohre fast unbemerkbar; Galvanometer mit langen Cocons können auch auf diesen Stativen nur unter günstigen Bodenverhältnissen aufgestellt werden.

Der bislang bekannteste Dreifuss ist das sogenannte Gauss'sche Stativ, ein dreiseitig pyramidales Bock-

gestelle, dessen drei Hauptbalken mehrseitig verstrebt sind. In Mitte des Ganzen lässt sich eine drei- oder vierseitige Holzstange, welche die Tischplatte trägt, verschieben. Die Verschiebung geschieht entweder mit der Hand, die Feststellung durch eine seitliche Klemme oder bequemer durch Zahn und Trieb.

Die Stative sind im Laboratorium vielseitig zu gebrauchen, bei Messungen sollten sie indessen höchstens zur Aufstellung des Ablesefernrohres benützt werden; für dauernde Aufstellung wird auch dieses Stativ, schon der Veränderlichkeit des Holzes halber, nicht in Verwendung genommen werden können. Beistehende Abbildung zeigt den Dreifuss in ständiger Verbindung mit einem Ablesefernrohr nach Edelman; Fig. 45.

Zur ferneren Ausrüstung eines Laboratoriums gehören Läden zum Abschlusse des Lichtes. Dieselben sind nothwendig, sobald in dem Laboratorium Versuche über die Spectralfarben des elektrischen Lichtes, photometrische Messungen und dergleichen vorgenommen werden. Die Läden können ausserhalb, bequemer noch innerhalb des Zimmers angebracht werden. Der vollständige Lichtabschluss wird durch übergreifende Falze bewirkt.

Es ist angenehm, wenn in einem dieser Läden ein grösseres, vielleicht 1 Decimeter im Viereck haltendes Loch geschnitten ist, das durch einen Blechschieber oder ein Thürchen verschlossen werden kann. Diese Oeffnung erspart das lästige Oeffnen und Schliessen des Ladens und lässt genügend Licht ein, um während des Versuches Aenderungen an den Apparaten vornehmen zu können.

Statt der vorbeschriebenen findet man auch Läden zum Schieben in Anwendung. Ihre Einrichtung ist folgende: Die Fensterbank ist mit Holz verkleidet und

hinter dieser Verkleidung ist der Laden, nach abwärts den Fussboden durchsetzend, angebracht.

Die linke und rechte Seite des Fensterrahmens nimmt eine Führung aus Eisen oder Holz ein, in welcher der Laden geschoben werden kann. Das Gewicht desselben ist durch Gegengewichte ausgeglichen, so dass zu dessen Bewegung nur die geringste Kraftleistung nothwendig ist. Diese Art Laden verlangen eine genauere Arbeit, indem sie sonst, namentlich im Winter und bei grosser Feuchtigkeit, ihren Dienst versagen.

Zur Vervollständigung des Laboratoriums gehören ferner noch Gas- und Wasserleitungsapparate, die Heizeinrichtung, ausserdem noch Schränke und Arbeitstische.

Die Anlage der ersten beiden Punkte richtet sich völlig nach der Art des Laboratoriums. In der Werkstätte des Mechanikers wird die Verwendung von Gas- und Wasserleitungsröhren aus Eisen, wie solche zur Zeit im Gebrauche sind, nicht von Belang sein; der Beobachter feiner magnetischer Messapparate, als Declinatorien und dergleichen, würde jedoch mit derartigen Installationen baldigst unangenehme Erfahrungen machen.

Es ist deshalb in allen Fällen, wo das Laboratorium zu Präcisionsmessungen dient, anzurathen, die Theile der Gas- und Wasserleitungen, welche sich im Laboratorium selbst oder in nächster Nähe befinden, aus Bleirohren herstellen zu lassen. Die Hähne sind aus Messingguss zu fertigen, die Verbindung zu Standlampen mittelst Gummischläuchen zu bewerkstelligen.

Bei Laboratorien für feine Messungen wird auch die möglichste Eisenfreiheit der Heizanlage zu bewirken sein. Porzellan- oder irdene Oefen mit kurzem Rauchrohre dürften dieser Bedingung genügen, eiserne Oefen,

sowie Warmwasser- und Dampfheizungen; welche letztere beide eine Anhäufung von Eisenrohren in dem zu heizenden Raume bedingen, sind zu verwerfen, desgleichen Heizungen mit warmer Luft, sofern eiserne Canäle behufs Zuführung der heissen Luft zur Verwendung kommen.

Zur Aufbewahrung von seltener gebrauchten Apparaten und Versuchsgegenständen dienen Schränke. Die Grösse derselben richtet sich natürlich nach der Anzahl der aufzubewahrenden Gegenstände; als grösste Höhe nehme man jedoch diejenige, bei welcher die Apparate, ohne Hilfsmittel, als Staffeleien und dergleichen, noch bequem zu erreichen sind.

Den Verschluss der Kästen bilden die Thüren, Flügel- oder Schiebethüren, meistens mit Glasfenstern. Bei solider Arbeit und bei Verwendung alten, trockenen Holzes sind beide Arten tauglich, im Allgemeinen dürften die Flügelthüren weniger Störungen unterworfen sein.

Die Tische im Laboratorium endlich sind theils beweglich, theils für immer an den Wänden befestigt, sogenannte Consoltische.

Die Tische sollen im Interesse der Stabilität möglichst schwer gehalten werden, man wird sie deshalb aus viereckigen starken Eichenbalken herstellen, die Füsse gegenseitig verstreben und mit einer 4 bis 7 Centimeter starken Eichen- oder Ahornplatte bedecken lassen. In der halben Fusshöhe lasse man eine Platte mit Schutzleisten einsetzen, welche zur zeitweisen Aufnahme von Elementen, Drähten und dergleichen bestimmt ist. Die Füsse sind mit Gummipplatten in der Dicke von 1 Centimeter zu versehen. Am Rande der Tischplatte, welche auch aus Stein gefertigt sein kann, wird eine rings um dieselbe

laufende Rinne zur Aufnahme und zur Abführung von verschütteten Flüssigkeiten etc. etc. eingehobelt.

Die Consoltische haben keine Füße, sie bestehen aus einem ein Dreieck bildenden Balkengestelle, dessen eine Kathete an der Wand befestigt ist, dessen andere die Tischplatte trägt, während die Hypotenuse den die beiden Schenkel verstrebbenden Balken bildet.

Die Befestigung an der Wand wird durch Mauerdübel mittelst starker Schrauben bewerkstelligt. Diese Tische haben den besonderen Vorzug, dass sie von den Bodenschwankungen unabhängig, dass sie den Füßen des Arbeitenden in keiner Weise hinderlich sind, ferner dass sie die denkbarste Stabilität besitzen. Die Tischplatte kann je nach der Ansicht des Besitzers aus Stein oder Holz gearbeitet sein, sie ist, wie bei allen Laboratoriumstischchen gebräuchlich, mit einer Rinne versehen.

Neben den eigentlichen elektrischen Messinstrumenten bedarf der Elektriker auch anderer physikalischer Instrumente, deren ausführliche Beschreibung zwar jedes grössere Werk über Physik bietet, deren Besprechung jedoch auch an dieser Stelle eingereiht werden soll, umsomehr, als manche constructive Aenderungen für den Gebrauch in elektrotechnischen Laboratorien vortheilhaft, ja sogar nothwendig sind.

Einer der wichtigsten hierher zu zählenden Apparate ist die Luftpumpe. Zur Evacuirung von Glühlampen für spektralanalytische Forschung mittelst Geissler-Röhren, zur Verdünnung und Verdichtung von Gasen, Dämpfen u. s. w. ist sie in gleichem Masse unentbehrlich.

Es kann nicht meine Aufgabe sein, von den vielen Constructionen der Hahn- und Ventilluftpumpen, der ein- oder zweistiefeligen und rotirenden, genaue Be-

schreibungen zu liefern, ich muss mich darauf beschränken, eine dem Elektriker dienliche, hauptsächlich für das Laboratorium geschaffene Pumpe, sowie deren Behandlung zu erörtern.

Unter den einstiefigen Luftpumpen möchte ich die Dr. Edelmann'sche Laboratoriumsluftpumpe am meisten empfehlen. Diese Pumpe hat namentlich den grossen Vorzug, dass sie an dem Experimentirtische für ständig aufgeschraubt ist, in Folge dessen keinen besonderen Raum einnimmt, stets betriebsfähig ist, ausserdem die Vortheile aufweist, äusserst handlich zu sein und bei der geringen Zahl beweglicher Theile selten Reparaturen zu bedürfen, Fig. 46.

Die Luftpumpe hat einen senkrecht stehenden Messingstiefel, an dessen unterem Ende eine Lasche mit zwei Löchern angeschraubt ist. Die Löcher dienen zur Aufnahme zweier sogenannter Patentschrauben, vermittelst welcher die Luftpumpe an die Platte des Arbeitstisches angeschraubt wird. An der Lasche ist eine Lagerung angegossen, die ein Zahnrad zwischen sich nimmt, und dieses trägt an der verlängerten Axe die Kurbel. Vermittelst Kurbel und Zahnrad wird der mit einer Zahnstange verbundene Kolben mit Lederdichtung auf- und abgeschoben.

Ausser dem Cylinder sind alle übrigen Theile aus feinem Gusseisen, Schmiedeeisen und Stahl hergestellt.

Die Bekrönung des Pumpencylinders bildet das Hahnenkopfstück. Es ist mit dem Cylinder durch acht kräftige Schrauben unter Beilage von Weichgummiringen verbunden. Im Innern ist dasselbe als Fortsetzung des Cylinders conisch ausgedreht. In gleicher Weise hat der Kolben einen dazu passenden conischen Abschluss.

In dem Hahnenstücke befindet sich ein Haupthahn *s*, der Steuerungshahn, ein Absperrhahn *h*, sowie als Fortsetzung nach oben das Manometer *b*. Der Steuerhahn hat eine besondere Einrichtung, durch welche es ermöglicht wird, den sogenannten schädlichen Raum zu verkleinern, besser gesagt, die Wirkungen desselben möglichst aufzuheben.

Der Hahn zeigt in erster Linie, wie jeder Steuerhahn einer gewöhnlichen, einstiefigen Luftpumpe, zwei Bohrungen, eine gerade zur Verbindung des Cylinders mit dem Recipienten und eine Winkelbohrung, welche nach aussen führt. Zwischen diesen beiden Bohrungen ist bei der Edelman'schen Luftpumpe nun eine dritte Winkelbohrung eingeschaltet, welche zu einer am Hahne sitzenden, zugleich als Handgriff dienenden Kammer führt. Am Ende der luftdicht verschlossenen Kammer ist ein Messingstück eingelöthet, in welchem drei kurze Stifte stecken, welche die Bohrungsrichtung angeben, zugleich zur besseren Stütze der Hand beim Arbeiten beitragen.

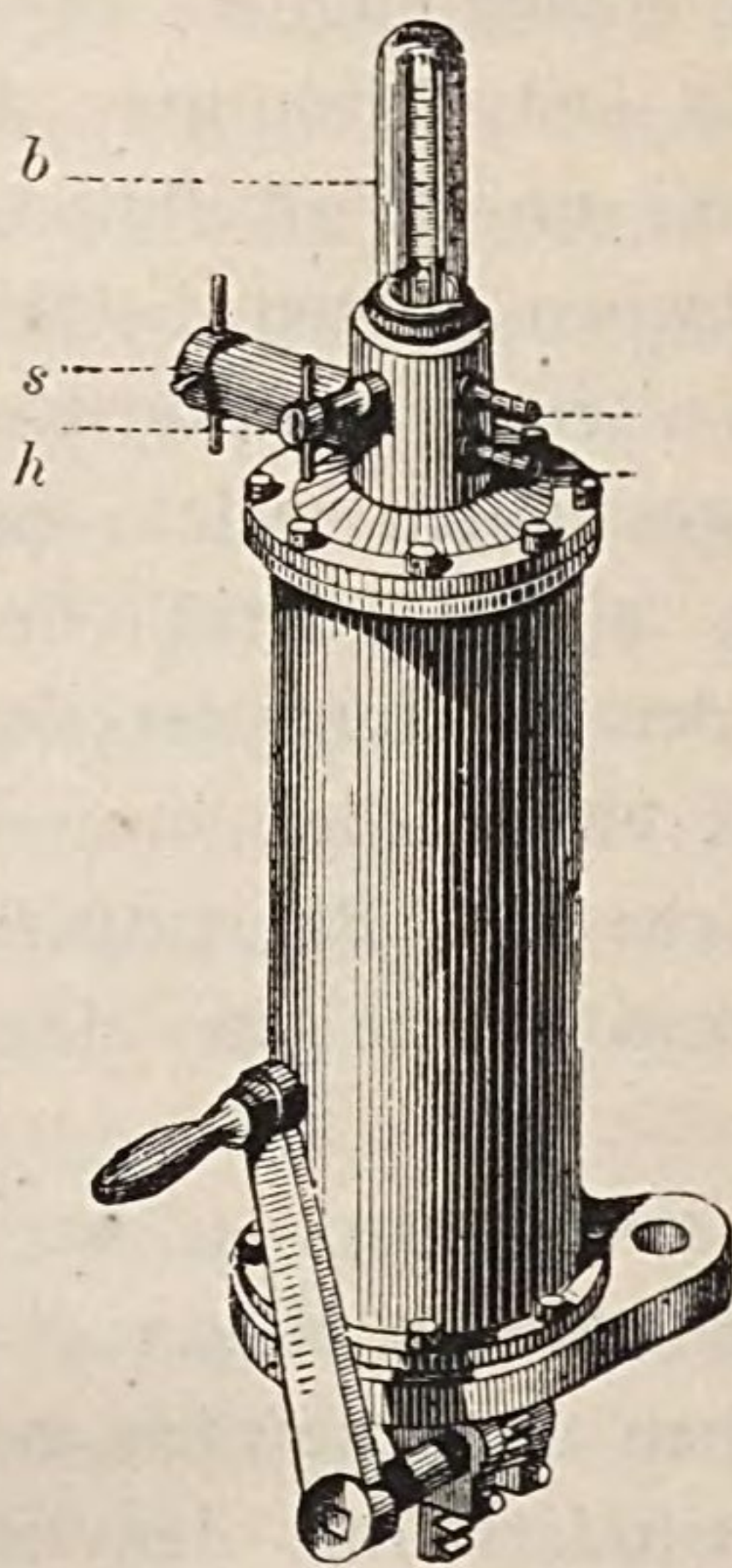
Der Vorgang dieses ganz selbstthätig arbeitenden „Verdünners des schädlichen Raumes“ ist folgender:

Wird der Kolben nach abwärts bewegt, so ist die Verbindung des Cylinders mit dem Recipienten durch die gerade Bohrung hergestellt. Die Luft wird also theilweise verdünnt; dreht man nun den Hahn in diejenige Stellung, welche erforderlich ist, um die verdünnte Luft in das Freie auszustossen, so kommt bei dieser Drehung auch das Bohrloch, welches zu der erwähnten Kammer im Hahne führt, in Verbindung mit der bereits verdünnten Luft im Stiefel, wird also ebenfalls verdünnt. Beim weiteren Spiele des Kolbens und des Hahnes tritt

die bereits verdünnte Luft in der Kammer mit der im schädlichen Raume zurückgebliebenen Luft in Verbindung und verdünnt dieselbe gleichermassen.

Die Wirkung dieser Vorrichtung ist so bedeutend, dass man mit dieser Luftpumpe die Verdünnung fast bis 0 Millimeter Druck bringen kann, ein Grad der

Fig. 46.



Verdünnung, der sonst nur bei Quecksilberluftpumpen erreichbar ist. Ein besonderer Vorzug liegt ferner darin, dass die Arbeit keine Aufmerksamkeit erfordert, da die Vorgänge sich ganz automatisch abspielen, und dass die Manipulationen von denjenigen, welche mit anderen einstiefeligen Luftpumpen vorgenommen werden müssen, nicht im mindesten abweichen.

Der zweite obere Hahn ist ein einfacher Dreiweghahn und gestattet die Verbindung nach dem Manometer, dem Recipienten, oder vermittelt das Absperren dieser Luftwege.

Von diesem Hahn aus führt ein Gummispiralschlauch oder ein Bleirohr nach dem Recipientenlager, einem Gusseisenstücke mit Conusbohrung. Das Gusseisenstück wird durch drei Holzschrauben fest an den Arbeitstisch angeschraubt, der Recipiententeller mittelst eines Conus mit Absperrhahn in dasselbe eingesetzt. Der Platz des Recipienten ist bei dieser Anordnung jedenfalls viel besser gewählt als, wie an vielen Constructionen ersichtlich, auf dem oberen Theile des Cylinders, an welchem Orte ja keine Stabilität erwartet werden kann. Die Zwischenschaltung des Gusseisenstückes hat ferner den Vortheil, dass mehrere Recipienten der Reihe nach in dasselbe eingesteckt werden können, ein Vortheil, der für chemische Laboratorien am bedeutendsten ist.

Da die meisten einstiefeligen Luftpumpen nur nach einer Richtung arbeiten, so benützt man, sofern es auf möglichst rasche Evacuierung oder auf die Luftverdünnung von grösseren Räumen ankommt, zweistiefelige Luftpumpen oder solche, welche mit geschlossenem Cylinder versehen sind. Diesbezügliche Constructionen sind derartig vielfältig, dass bei dem zugemessenen Raume eine Besprechung auch nur der Haupttypen unmöglich ist. Ich ziehe deshalb vor, diejenigen Punkte zu behandeln, nach welchen jede Luftpumpe irgend welchen Systems zu beurtheilen ist. Die Luftpumpe soll eine möglichst hohe Verdünnung erzielen lassen. Dabei soll diese Verdünnung bei abgesperrtem Recipienten lange andauernd sein. Das Arbeiten mit derselben

soll keine baldige Ermüdung verursachen; ferner ist es Bedingung, dass die Anordnung übersichtlich ist, und als Hauptbedingung möchte ich aufstellen, dass die zu reinigenden Theile sowohl leicht zugänglich, als auch dass die Möglichkeit gegeben ist, diese Theile in kürzester Zeit und mit den einfachsten mechanischen Hilfsmitteln zu erreichen.

Neue, von bewährten Firmen bezogene Luftpumpen werden anfänglich ja gut arbeiten, ist indessen eine sonst vorzügliche Luftpumpe längere Zeit ausser Benützung gestanden, so findet man sehr oft, dass der Wirkungsgrad derselben gesunken ist und zugleich, dass die Pumpe eines bedeutenden Arbeitsaufwandes bedarf.

Diese Missstände, welche hauptsächlich durch die Verharzung der Dichtungs- und Schmiermittel hervorgerufen werden, soll man sofort beseitigen, da ausserdem die Cylinderwandungen sowie die Hahnschliffe grössere Beschädigungen erleiden. Dr. Edelmann giebt in seinem schon früher angezogenen Werke die beste Anweisung über die Behandlung von Luftpumpen; ich glaube, dass ein Auszug der Besprechung des bewährten Fachmannes jedem Luftpumpenbesitzer willkommen ist.

Nach Lösung der betreffenden Muttern werden Kolben sowie Hähne aus dem Pumpenkörper entfernt, mit starkem Spiritus getränkt und gewaschen, so dass alles alte Fett, auch aus den Bohrungen, entfernt wird. In gleicher Weise werden durch staubfreie, spiritusgetränkte Baumwollelappen die inneren Schliffflächen, Cylinderwandungen, Unterlegeplättchen und Muttern gereinigt. Zeigen sich die Lederringe des Kolbens sehr verharzt, so kann man die Pressschrauben etwas lösen und den Kolben in ein Gefäss mit Spiritus stellen. Ist

indessen die Construction des Kolbens derart, dass durch das Lösen der einen Pressschraube oder mehrerer derartiger Schrauben die Lederringe verschoben würden, so ist es nicht zu empfehlen, diese Reinigung vorzunehmen, da es in diesem Falle dem Nichtmechaniker selten gelingt, den Kolben wieder cylindrisch und luftdicht zu bekommen. Man beschränke sich alsdann nur auf das äusserliche Abwaschen.

Kurbellager, Gelenke u. s. w. werden durch Petroleum gesäubert und vor dem Zusammensetzen mit Klauenöl eingeölt.

Sind alle Schlifftheile gereinigt, so werden die Hähne und kleinere zugehörige Reibflächen mit Luftpumpenfett eingerieben, so dass die Oberfläche einen gleichmässigen, äusserst dünnen Ueberzug zeigt. Die Bohrungen werden nochmals mit einem Hölzchen geputzt und nun die Theile, nachdem man sie mit dem feinsten Klauenöle betupft hat, an ihre Stelle gebracht.

Das Luftpumpenfett ist eine bei gelinder Wärme hergestellte Mischung aus einem Theile weissen Wachses und aus einem gleichen Theile Talg.

Mit diesem Fette werden auch alle Zwischenlageplatten bestrichen, bevor sie in die Flanschen eingesetzt werden. Der Kolben, sowie die Cylinderwandung ist mit ungesalzenem Gänsefett gut einzureiben; sämtliche Einreibungen sollen mit dem Finger geschehen, um allenfallsige harte Körper im Fette wahrnehmen zu können.

Anschliessend an die Luftpumpe mit Kolben sind nunmehr die der Elektrotechnik nothwendigeren Quecksilberluftpumpen zu beschreiben. Namentlich im fabrikmässigen Betriebe der Glühlampenfabrikation werden dieselben fast ausschliesslich benützt. Man unterscheidet

hiervon zwei Arten, die Sprengel-Quecksilberpumpe und diejenige nach Dr. Geissler.

Die Sprengelpumpe besteht aus einem auf einer Säule angebrachten, mit Quecksilber gefüllten Gefäße, das durch ein Auslaufsrohr mit Hähnen mit einer eigenthümlich construirten senkrechten Glasröhre in Verbindung steht. Die Eigenthümlichkeit der Glasröhre besteht darin, dass sie nach Art der Injectoren, der Sandstrahlgebläse u. s. w. mit einer Doppeldüse versehen ist, welche, dem Materiale entsprechend, einerseits durch eine conische Erweiterung am oberen Theile der Röhre, andererseits durch einen zugespitzten, bis zur Verengung des vorgenannten Conus laufenden Glasrohres gebildet ist. Die spitze, eingesetzte Glasröhre, ist mit der ausgebauchten Röhre verschmolzen, an dieser Stelle ist auch ein seitliches Zuführungsrohr angebracht. Der Arbeitsvorgang bei dieser Pumpe ist folgender:

Der aus dem oberen Gefäße ausgehende, durch das zugespitzte Glasröhrchen austretende Quecksilberstrahl fällt tropfenweise auf die Verengung der etwas höher befindlichen Ausbauchung. Hierdurch wird eine geringe Menge Luft mitgerissen und durch das Quecksilber im Rohre nach unten geführt, wo sie entweichen kann. Der durch das seitliche Rohr mit der Pumpe verbundene Raum wird also durch das fortdauernde Fallen des Quecksilbers immer mehr verdünnt, bis ein aus der Höhe der Fallröhre zu berechnendes Gleichgewicht stattfindet.

Verdient die eben beschriebene Sprengelpumpe, welche des Oefteren auch mit Wasser betrieben ist, mehr theoretisches Interesse, so ist die Geisslerpumpe in ihren verschiedensten Ausführungen ein Apparat von praktischer Wichtigkeit.

Die Principien derselben sind bekannt, ich kann sie füglich übergehen, und beschreibe nur eine in sehr vielen physikalischen Kabinetten verwendete Construction nach Dr. Jolly, grösstentheils von dem Mechaniker Stollnreuther in München ausgeführt.

Auf einem Gusseisendreifusse, der mit einer Eisen-
schale zum Auffangen von verschüttetem Quecksilber
gedeckt ist, erhebt sich ein Holzgestelle, aus zwei starken,
oben verbundenen Bohlen bestehend.

An dem vorderen Bohlen ist das Hahnstück aus
Eisen angeschraubt. Von der Kugel aus führt nach
rückwärts ein starker, mit Gespinnst umgebener Spiral-
gummischlauch zum zweiten beweglichen Glasgefässe.
Dieses kann mittelst Kurbel und Gurte in bequemer
Weise auf- und abbewegt werden. Der Vorgang des
Luftdünnens vollzieht sich wie folgt: Das bewegliche
Glasgefäss sei mittelst der Kurbel in gleiche Höhe (bei
manchen Quecksilberpumpen behufs Entleerung des
Schlauches auch höher) zu dem fixen Gefässe gebracht.

Die beiden Quecksilberniveaux werden in der Hori-
zontalen stehen, so dass das Quecksilber gerade in die
Bohrung des Dreiwegehahnes, der aus Stahl gefertigt
ist, eindringt. Bei dem Herunterkurbeln des beweglichen
Glases sinkt das Quecksilber in dieses zurück, und ein
mit der geraden Hahnbohrung in Verbindung stehender
Raum wird theilweise verdünnt. Dreht man den Hahn
nun in eine andere Stellung, so wird der verdünnte
Raum abgeschlossen, hingegen eine Oeffnung zum Aus-
tritte der etwas verdünnten Luft beim Heben des be-
weglichen Glases in das Freie hergestellt.

Das fortgesetzte Arbeiten mit dem Apparate bringt
bald den gewünschten luftleeren Raum, wenigstens bei

gutem Zustande der Pumpe, hervor. Die Schnelligkeit der Wirkung hängt von der Grösse des zu verdünnenden Raumes, gleichbleibend aber von dem Rauminhalte der Quecksilbergefässe, ab.

Die Luftpumpen Stollnreuther's haben Gefässe mit nahe 1 Liter Inhalt. Steht dem Laboratorium noch eine gewöhnliche Luftpumpe zur Verfügung, so kann man sich mit einer kleineren Quecksilbermenge begnügen, indem die Quecksilberluftpumpe nur zur Entfernung der letzten Luftreste benützt wird.

Im Allgemeinen sind sämmtliche neueren Quecksilberluftpumpen der vorbeschriebenen ähnlich construirt, manche tragen der Bequemlichkeit insofern besser Rechnung, als sie das Umlegen der Hähne automatisch vollführen, ausserdem findet man zur Bewegung der Quecksilbergefässe Kettenräder, Drahtseile und dergleichen in Anwendung.

Die Quecksilberpumpe erfordert im Allgemeinen eine behutsame Behandlung, namentlich ist dieselbe vor Erschütterungen und Stössen, welche das Lockerwerden der Einkittstellen der Glastheile hervorrufen, zu bewahren. Die Verwendung chemisch reinen Quecksilbers, namentlich säurefreien, ist schon des Schutzes der Hähne halber anzurathen. —

Neben der Luftpumpe ist eine feinere Wage ein nothwendiger Bestandtheil im Laboratorium.

Von einer derartigen Wage ist zu bedingen, dass sie richtig ist und dass sie bei circa 500 Gramm Belastung eine Empfindlichkeit für $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ Milligramm besitzt. Grössere Belastungen dürften in elektrotechnischen Laboratorien zu den Seltenheiten gehören, andererseits muss die erwähnte Empfindlichkeit für genaue Abwägungen

von Silber- und Kupferniederschlägen in zugehörigen Voltametern vorhanden sein.

Die Glaskästen der Wage sollen möglichst luftdicht zu verschliessen sein, besonders in elektrotechnischen Laboratorien, in welchen die Atmosphäre oft ganz unvermeidlich mit Säuredämpfen untermischt ist. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich auch, die Wagebalken und andere wichtige Theile zu vergolden, die Schalen aus dünnem Platin oder vergoldetem Aluminium, die Schneidelager aber aus Achaten herzustellen. Findet man trotz aller Vorsicht ein rostiges Schneideprisma, so ist dasselbe mittelst eines Rehlederlappens mit sogenanntem Wienerkalke unter Verwendung geringer Mengen Stearinöls zu reinigen. Jede Wage erfordert eine feste Aufstellung, man kann dieselbe deshalb nicht auf die Arbeitstische montiren, sondern stelle sie auf eigene Console. Ferner ist es anzurathen, den Gewichtssatz nicht in den öfter beigegebenen Schubladen des Kastens aufzubewahren, sondern zu der Wage auf die Console zu legen. Wagen mit langem Balken zeigen gewöhnlich eine höhere Empfindlichkeit, brauchen aber auch längere Zeit, um auszuschwingen, weshalb die von Bunge in Hamburg zuerst ausgeführten Wagen mit relativ sehr kurzen Armen der Zeitersparniss halber beliebt sind.

Die Regeln für die Behandlung der Wage sind sehr wenige. Man belaste die Waage nie höher als die angegebene zulässige Tragkraft zulässt, öffne die Thürchen so wenig als möglich, arretire stets langsam und vergesse das Arretiren nach dem Gebrauche nicht.

Reparaturen an einer nicht mehr vollkommen functionirenden Wage überlasse man dem Mechaniker, die

Reinigung vollziehe man mit einem weichen Staubpinsel, nicht mit Putzlappen.

Ein weiterer unentbehrlicher Apparat im Laboratorium ist das Barometer. Für genaue Messungen bedient man sich der Quecksilberbarometer, für weniger genaue kann man auch Aneroide benützen. Unter den Quecksilberbarometern unterscheidet man Gefäss- und Heberbarometer; beide Arten sind in Laboratorien vertreten, von der ersteren Art findet das Gefässbarometer von Fortin die meiste Verwendung.

Das Fortin'sche transportable Barometer besteht aus einer mit Quecksilber gefüllten Glasröhre, welche unten in einem angeschraubten Glascylinder von circa 6 Centimeter Durchmesser endigt. Der Glascylinder ist mit einem elastischen Sacke aus Gummi und Leder geschlossen. Der Sack kann durch eine Mikrometerschraube in die Höhe gedrückt werden, wodurch die Einstellung des Quecksilberniveaus auf eine von oben kommende Elfenbeinspitze erfolgt. Die Spitze bildet auch den Ausgangspunkt der Theilung.

Diese ist meistens an die das Rohr zum Schutze umgebende Messingröhre aufgetragen, bei feineren Instrumenten ist sie mit einem Nonius versehen, der die Ablesung bis auf 0.1 Millimeter gestattet. Das Barometer wird gewöhnlich mit einem dreitheiligen Schutzgehäuse versehen, welches zugleich als Dreifuss dient. Bei Verwendung in Laboratorien kann diese Schutzhülle natürlich entbehrt werden.

Grössere Verbreitung als das vorbeschriebene Instrument haben die Heberbarometer.

Auch sie werden in vielen Fällen als Reiseinstrumente montirt. Der obere und untere Theil der Röhre ist

durch eine dünnere, seitlich gebogene Glasröhre verbunden, die beiden Quecksilberkuppen stehen deshalb senkrecht übereinander, wodurch die Verwendung eines geraden Massstabes zulässig wird. Ueber die Behandlung dieser Apparate kann wenig gesagt werden, nachdem die Constructionen so vielfältig sind, dass eine einheitliche kurze Besprechung kaum möglich erscheint; ich möchte nur darauf hinweisen, dass es zum Schutze der Glaswandung nöthig ist, alle Barometer für die Zeit des Nichtgebrauches gegen die Verticale geneigt aufzubewahren. Durch das Neigen des Rohres wird bezweckt, dass das Quecksilber in demselben steigt und dass es in Folge dessen einen höheren ständigen Platz in der Röhre einnimmt.

Gerade an dieser Niveaustelle findet man, namentlich bei älteren Instrumenten, eine Trübung der Glaswand. Diese Trübung, welche beim Geradehängen an jenen Stellen entstünde, an welchen der Kuppenstand abzulesen ist, würde eben eine genaue Ablesung unmöglich machen.

Im Anschlusse an die Barometer sind noch als Schlussglied jener nichtelektrischen Apparate die Thermometer zu besprechen. Für wissenschaftliche Zwecke werden die Thermometer nur mit hunderttheiliger Scala nach Celsius versehen. Genaue Thermometer haben in den meisten Fällen cylindrische längliche Quecksilbergefässe.

Die Theilung ist auf der etwas starkwandigen Glasröhre eingeätzt oder eingeschliffen. Für die Temperaturbestimmung geringer Flüssigkeitsmengen bedarf man Thermometer mit kleinem Quecksilbergefässe, für besonders genaue Ablesungen solche mit grossen, dünnwandigen und sehr feinen Röhren u. s. w.

Die Aufbewahrung derselben findet in Cassetten statt, die mit Leder gepolstert sind.

Die Laboratorien.

Raum- und Geldverhältnisse spielen neben den speciellen Bedürfnissen die Hauptrolle bei Anlage eines Laboratoriums. Welch' ein Gegensatz zwischen dem zugleich als Werkstätte dienenden Zimmer eines kleinen Mechanikers und dem wohleingerichteten physikalischen Laboratorium einer Hochschule!

Die einfachsten Arbeiten, welche in kleineren Geschäften zum Oefteren vorkommen, sind die Bestimmungen des Widerstandes von Drahtspulen.

Schon bei einiger Massenfabrikation ist es umständlich, beispielsweise Telephonspulen, welche meistens auf einer kleinen Drehbank oder auf einer diese ersetzenden kleinen Spulenwickelmaschine gefertigt werden, von dieser abzunehmen und nachträglich zu messen.

Ab- oder Zuwickeln von Draht erfordert Zeitaufwand, der sich leicht durch folgende Anordnung vermeiden lässt: Das Galvanometer, welches kein Spiegelinstrument zu sein braucht, aber durch Kupfer gedämpft nahezu aperiodisch schwingen soll, wird mit Hilfe einer Zinkconsole, die gut an die Wand gegypst ist, nahe

derselben, am besten in einer Ecke oder Fensternische, aufgestellt, die Einstellung vorgenommen und sodann fest mit der Console verschraubt. Von dem Galvanometer führt ein Draht, durch Holzrollen getragen, nahe der Decke zu der Wickelmaschine, in deren Nähe in eine Spirale endigend; ein zweiter Draht geht zu einem Elemente, am besten einem recht constanten Daniel-Element, und von diesem aus in vorbeschriebener Art zur besagten Maschine.

Ist die Windungszahl der Spule, welche während des Aufwickelns ja bekannt ist, nahe der geforderten Zahl gekommen, so befreit man den Draht mit Hilfe eines Messers von der Umspinnung und misst den Ausschlag. Aus der Grösse desselben und durch Wiederholung dieses Verfahrens lässt sich bald der gesuchte Widerstand erreichen.

Hierzu bemerke ich noch, dass die meisten Galvanometer derart gebaut sind, dass die Zeiger und Theilungen nur von oben betrachtet werden können. Befände sich der Beobachter aber in einiger Entfernung, so würde das Ablesen ein Verlassen seines Platzes nothwendig machen. Dieses zu umgehen, befestigt man sehr einfach oberhalb der Theilung einen kleinen geneigten Spiegel, mit Hilfe dessen man auch von dem Standpunkte des Wickelnden den Nadelbewegungen folgen kann. Derartige Spiegel leisten auch gute Dienste, wenn es sich darum handelt, die Theilung durch reflectirtes Tages- oder Lampenlicht zu beleuchten.

Bequem ist es ferner, den Normalwiderstand mit dem Galvanometer zu verbinden, so dass sich derselbe durch einen Hebel ein- und ausschalten lässt. Hat man eine Reihe Rollen gemessen, so schaltet man den be-

kannten Widerstand ein und macht eine Controlmessung des Ausschlages. Genauere Resultate sind mittelst einer Brücke zu erhalten; die Anordnungen weichen von dem Vorbeschriebenen nur insofern ab, als die beiden Taster, wovon einer die Batterie einführt und der andere den Brückenweig schliesst, in nächster Nähe der Wickelmaschine angebracht werden müssen.

Sind in dem betreffenden Falle genauere Abgleichungen von Widerständen vorzunehmen, Arbeiten, welche bei Fabrikation von Widerstandskästen und Rollen, sowie bei Spiegel- und Differentialgalvanometern oft wiederkehren, so bedingt die Anforderung auf grössere Genauigkeit die Benützung eines Spiegelgalvanometers und einen möglichst ruhigen, eisenfreien Ort.

Da die eigentlichen Werkstätten diesen Bedingungen selten gerecht werden, so ist diesen Arbeiten ein eigenes Zimmer zuzuweisen, womit ich das Gebiet des eigentlichen Laboratoriums betrete. Fig. 47, *a*, Seite 198.

Die Grösse des einfensterigen Raumes dürfte im Minimum zu 3×3 Meter bemessen sein. Die Fensterbreite zu circa 1.20 Meter berechnet, ergibt eine vordere beiderseitige Wandfläche von je 90 Centimeter. In der linken Ecke, deren eine Seite also 90 Centimeter Länge hält, kommt das Spiegelinstrument zu stehen, am besten an die Fensterseite, da diese Mauer als Aussenmauer meistens stärker gebaut ist. Die Aufstellung geschieht folgendermassen, wobei ich theilweise einer Idee Carpentier's folge, welche ich, wenn auch in veränderter Form, äusserst praktisch gefunden habe. In die Mauer, circa 1.20 Meter hoch, ist mittelst eingegypster Holzdübel eine ungefähr 15 Centimeter ausladende eisenfreie Zink- oder Messingconsole befestigt. Diese Console, nach oben

in drei Arme auslaufend, welche an ihren Enden nach aufwärts gerichtete Gummistopfen tragen, dient als Lager für eine schwere Platte aus eisenfreiem Materiale. Eine Marmor- oder Schieferplatte, billiger noch eine solche aus Cement, in einer ungefähren Dicke von 4 Centimeter bei einem Durchmesser von 20 Centimeter, versieht die besten Dienste und ist dazu bestimmt, die von den Schwankungen der Mauer herrührenden Erschütterungen zu dämpfen. Hierbei ist erforderlich, dass die Gummistopfen recht elastisch, ferner wenig zusammendrückbar sind, eine Forderung, welcher am besten die rothen Gummistopfen, zu Flaschenverschlüssen in chemischen Laboratorien dienend, gerecht werden. Zur Sicherung der Lage der Stopfen gehen von dem Zinke aus bis zur Hälfte der Stopfen Messingstifte. Nach oben ragen die Stopfen in die aus der Platte ausgenommenen Löcher in einer Länge von einem Drittel des Stopfens.

Auf diesen Platten nun sind drei Messingplättchen befestigt, deren erstes einen Körner, das zweite einen Schlitz hält, während das dritte eben gedreht ist. Auf diesen Plättchen steht mit Hilfe der Stellschrauben das Galvanometer. Bei richtiger Bemessung der Platten, sowie bei geeigneter Wahl der Stopfen haben Erschütterungen, wie solche durch Gehen im Zimmer, durch Schliessen von Thüren etc. etc. entstehen, keinen Einfluss auf das Galvanometer. Nach der Aufstellung des Instrumentes soll sich der Spiegel in der Höhe der Augenlinie eines stehenden Mannes mittlerer Grösse befinden.

Die Aufstellung des Fernrohres bedingt, wenn auch nicht denselben Grad von Sicherheit gegen Erschütterungen, doch immerhin besondere Massregeln zur Ver-

hinderung der Wirkung heftiger Bodenschwankungen. Ich werde später zeigen, dass in einigen Laboratorien dieser Bedingung durch Steinpfeiler oder Mauerwerk, welches den Zimmerboden durchsetzt, Genüge geleistet wird, doch sind diese Aufstellungsorte dem Praktiker selten zugänglich.

Ich habe mich längere Zeit eines Mittels bedient, das mir gute Dienste leistete und das ich auch seiner Billigkeit halber empfehlen möchte.

Es ist dieses die auf Seite 166 beschriebene Holzpyramide mit Sandfüllung.

Bei richtiger Wahl des Gewichtes dieses Pyramidenstativs, Verwendung gut ausgetrockneten Holzes und bei nicht allzuschlechtem Fussboden, ferner wenn sich der Beobachter bei Ablesen vor stärkeren Bewegungen hütet, leistet ein derartiger Apparat wirklich gute Dienste und kann in geeigneten Fällen theuere Steinsockel entbehrlich machen.

Mit Vortheil ist ein solches Stativ auch da zu verwenden, wo ein Pfeiler nur bis zum Niveau des Bodens gemauert ist.

Eine weitere Art, das Fernrohr in einem Zimmer von den angenommenen Massen sicher aufzustellen, ist folgende:

In der einen Ecke steht das Galvanometer, in der zweiten wird das Ablesefernrohr aufgestellt, und zwar in ähnlicher Weise auf einer Zinkconsole montirt. Die Vorrichtung, die Wirkung der Mauerschwankungen zu unterdrücken, kann hier ausser Acht gelassen werden.

Das Fernrohr ist daher mit der Console fest zu verschrauben. Die Ableseplatte lässt man am besten halb in die Fensternische hineinragen, da erstens auf

diese Art eine gute Beleuchtung der Latte erzielt wird, zweitens die Ableseplatte wenig in das Zimmer eintritt und daher vor zufälligen Beschädigungen besser geschützt ist; ausserdem wird hierdurch bezweckt, dass die Console gedrängter gebaut werden kann, wodurch die Standfestigkeit gewinnt.

Die Beobachtungen mit einem derartig montirten Instrument würden Schwierigkeiten bringen, weil der Kopf des Beobachters der Wand zu nahe kommt; man hilft sich jedoch in einfacher Weise durch Einschaltung eines total reflectirenden Prismas oder eines kleinen Spiegels, gegen die Axe um 45^0 geneigt, welch' beide Instrumente vor das Fernrohr geschraubt werden.

Bei dieser Anlage ist die Abblendung fremden Lichtes entbehrlich, da der Beobachter im Schatten der Mauer steht, vor sich auf einem kleinen Tischchen in bequemer Weise die Messbrücke und den Schlüssel findet, ausserdem beim Aufschauen die an der Wand aufgehängten Tabellen etc. vor Augen hat.

In den meisten Fällen wird ein derartiges Laboratorium dem Geschäftsmann genügen, er wird aber auch bald die Ueberzeugung gewinnen, dass die geringen Kosten einer solchen Anlage, welche ich rund zu 200 Mark berechne, sich bald durch Zeitgewinn decken werden.

Höhere Ansprüche bedingt das Studium der Elektrizität in allen Theilen, namentlich eine Mehrung der Instrumente, und hiermit gelange ich zu der Beschreibung des Laboratoriums für den Privatgelehrten, für den Techniker überhaupt (Fig. 47, *b*, Seite 198).

Wenn irgend möglich, würde ich ein Zimmer mit zwei Fenstern, nach Norden oder Süden gelegen, wählen.

In der einen Ecke ist das Galvanometer wie vorgeschrieben aufgestellt, in der anderen zweiten ein Elektrometer. Falls dieses letztere Instrument ein Mascart- oder Thomson-Instrument ist, ergibt sich die gleiche Aufstellung wie bei den Galvanometern; wählt man aber ein Edelmann'sches Instrument, dessen Theile nach abwärts reichen, so ist die Console mit einem Ringe zu versehen, welcher diese Theile nach unten durchlässt. So viel mir bekannt, giebt Dr. Edelmann seinem Instrumente geeignete Consolen bei, welche also nur noch mit einem Ringe mit Gummifüssen zu versehen sind.

Die Ablesefernrohre befinden sich an dem mittleren Pfeiler in schon besprochener Weise angebracht, dass die beiden Ableselatten in die entsprechenden Fenster-nischen eindringen.

Zieht man indessen vor, nur ein Ablesefernrohr zu verwenden, so lässt sich die Beobachtung der beiden Instrumente in etwas anderer Weise erreichen (Wandfernrohr).

Das Ablesefernrohr, das, nebenbei bemerkt, eine grössere Objectivöffnung besitzen muss, steht mit der Längsaxe senkrecht gegen die Mauer, ebenso die beiden Ableselatten, und kehrt das Objectiv derselben zu.

Vor dem Objective und gegen dasselbe corrigirbar sind zwei total reflectirende Prismen kreuzweise derart aufgeschraubt, dass das eine den Spiegel des Galvanometers, das andere den des Elektrometers beobachten lässt; jedem Prisma fällt hierdurch die eine Hälfte des Objectives zu, während das Ocular gemeinsam ist. Zur besseren Unterscheidung der beiden Ableselatten theilt man die eine in Schwarz, die andere in Roth.

Wird nun mit einem Instrumente, zum Beispiel mit dem Galvanometer, beobachtet, so dürfte es sich

empfehlen, das zweite Prisma mittelst einer kleinen Blende, einem schwarzgebrannten Messingblech und dergleichen, abzublenzen, wodurch man nur die zu beobachtende Scala im Gesichtsfelde behält.

Man kann auch derart verfahren, dass man nur ein Prisma in Anwendung bringt und dasselbe oder das Fernrohr um seine Axe drehbar einrichtet; diese Aufstellung bewahrt die vollkommene Achromasie des Objectivs.

Edelmann, von der Erfahrung ausgehend, dass, namentlich in oberen Stockwerken, die Aufstellung der Ablesefernrohre auf Dreifüssen unthunlich ist, empfiehlt das früher beschriebene Fernrohr in Lamont'scher Aufhängung. Hier mag dasselbe im Zusammenhange mit dem Laboratorium nochmals besprochen werden.

Ein starker quadratischer Balken, das Zimmer quer durchsetzend, ist in die Seitenmauern eingelassen; er trägt an verschiebbaren Messingrohren das universal corrigirbare Fernrohr und die Ableselatten. Diese Aufstellungsart hat gegen die vorbeschriebene den Vortheil, dass die Ableselatte als gegen das Fenster nahezu senkrecht stehend auf das Beste beleuchtet ist, während bei meiner vorerwähnten Methode, namentlich dann, wenn der Fensterpfeiler eine etwas grössere Breite besitzt, die Ableselatten bei Verwendung nur Eines Fernrohres in den Schatten des Pfeilers kommen. Für diesen Fall halte ich es nothwendig, dass man zwei Ableselatten an eigenen Zinkconsolen verwendet und dieselben, speciell deren Ableselatten, bis an die Fensteröffnung bringt; die Beleuchtung wird in diesem Falle nichts zu wünschen übrig lassen. Die Edelmann'sche Aufstellung dürfte hauptsächlich für Schülerlaboratorien zu empfehlen sein;

ich halte daran fest, dass die unveränderliche Aufstellung des Instrumentes die einzige Gewähr für rasches Arbeiten im Laboratorium bildet.

Unter dem Fernrohr befindet sich ein starker, aus Eichenholz gefertigter Tisch, auf welchem ausser der Messbrücke und den Contactschlüsseln noch der Commutator, zwei v. Beetz'sche Stromschlüssel für das Elektrometer, sowie einiger Raum für abzugleichende Rollen und dergleichen vorhanden sein soll. Diese Apparate, sofern es sich um ein Laboratorium handelt, welches nicht von Schülern benützt wird, würden einfür allemal fest aufzuschrauben, ebenso sämtliche Stromverbindungen unabänderlich zu befestigen sein. Zu den Stromverbindungen benützt man am besten einen gut isolirten, mit getheertem Hanfe umsponnenen Guttaperchadraht, dessen Kupferseele 1 bis 2 Millimeter hält, während der äussere Durchmesser 4 bis 5 Millimeter beträgt. Die Hanfumspinnung ist in der Nähe der Klemmen ungefähr auf 2 Centimeter Länge zu entfernen, die Guttaperchahülle mittelst eines Messers abzuschaben, um die verwitterte Aussenfläche zu entfernen und mit Metalllack zu bestreichen.

Die Befestigung an dem Tische sowie die Führung an den Wänden geschieht am besten mittelst Holzbacken (Holzklammern). Diese Holzbacken, welche bei stärkeren Guttaperchadrähten einzig benützt werden sollten, bestehen aus zwei Holzplatten, deren untere mittelst Holzschrauben und eines Mauerdübels fest an die Wand geschraubt ist. Die obere Latte wird gleichfalls mit einer oder, wenn die Latte lang ist, also für viele Drähte Verwendung findet, mit mehreren Schrauben gegen die untere gepresst. Beide Latten haben Bohrungen

kleineren Durchmessers als die zu verwendenden Drähte und pressen deshalb dieselben etwas zusammen, wodurch die Drähte fest gespannt erhalten werden können, ein Vorthail, der zwar nicht die Richtigkeit der Messungen beeinflusst, jedoch die Uebersichtlichkeit der Chema erhöht und Fehlerquellen verringert. Die Drähte für das Elektrometer sind auf diese Art nicht genügend isolirt; man verwendet hierzu Guttaperchadrähte von 1 Millimeter Drahtstärke. Dort, wo die Drähte an die Mauer befestigt werden sollen, müssen grosse Isolirglocken (Doppelmantelglocken) in die Mauer eingelassen werden; auf die Plattform jeder Glocke wird durch Erwärmung derselben Schellack in einer Höhe von 2 bis 3 Centimeter aufgetragen und in die Schellackmasse ein Seidenfaden eingeschmolzen. Vor dem Erkalten des Schellacks drückt man einen runden Körper in die Masse, so dass eine halbkreisförmige Rinne entsteht. In diese Rinne legt man nun den Draht, der vorher fünf- bis sechsmal mit dickem Schellacklacke bestrichen wurde, und bindet ihn mittelst des Seidenfadens fest. Die Enden der Fäden schneidet man kurz am Knopfe ab und lackirt sie sowie diesen mehreremale.

Ich bemerke noch für diejenigen, welche mit derartigen Arbeiten wenig vertraut sind, dass das Auftragen jeder Lackschichte erst nach vollständigem Trocknen der vorhergehenden erfolgen darf, und dass die Manipulation sich am besten und raschesten in einem stark geheizten Zimmer vollziehen lässt. Ausserdem erwähne ich noch, dass es bei feineren Messungen von Wichtigkeit ist, dass die Isolationen, wie Kautschuk, Lack etc., bis hart an die Klemmschrauben gehen, sowie dass alle Isolationen, welche für statische Elektrizität dienen, vor

dem Messen von Staub gereinigt werden sollen, Säulen aus Hartgummi und Glasstäben aber mittelst eines wollenen, etwas warmen Tuches abgerieben werden mögen.

Isolatoren vollkommenster Art hat Mascart angegeben.

Ein doppelwandiges Gefäß aus bestisolirendem Glase trägt auf dem mittleren spitzen Theile die zu isolirenden Drähte. Der Zwischenraum zwischen den beiden Glaswänden wird mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, welche die Luft trocken erhält. Diese Isolatoren werden als Standisolatoren und Hängeisolatoren hergestellt. Die Hängeisolatoren sind nach unten mit einer Oese versehen, in welche die zu isolirenden Drähte eingehängt werden. Bei Anwendung dieses Isolators hat man zu beachten, dass man die Schwefelsäure nur bis zur Hälfte des zugehörigen Raumes einfüllt, und dass man die Säure, wenn sie mit Wasser gesättigt ist, erneuert.

In dem unteren Theile des Tisches, auf dem sich die Messbrücke etc. befindet, kann die Messbatterie aufgestellt werden, deren Abzweigungen zu einem sogenannten Batteriewähler, einem Stöpselinstrument, welches das Einschalten von mehr oder weniger Elementen erlaubt, führen.

Für das Quadrantenelektrometer, soferne es nicht nach Thomson gebaut, ist eine Ladungsbatterie nothwendig. Diese wird aber besser in einem Wandschranke mit Glasfenstern aufgestellt, da eine derartige Batterie, meistens aus kleinen Chlorsilberelementen bestehend, eine vorzügliche Isolation auf Glasplatten und mittelst Glasstäben zu erhalten hat, welche bei einer Aufstellung unter

dem Tische nicht in bequemer Weise zu controliren ist. Während der Messung ist es angezeigt, eine Schale mit Chlorcalcium in das Glasschränkchen zu stellen, um die Luft trocken zu erhalten; die Schale ist jedoch nach dem Messen wieder zu entfernen, indem sonst die Flüssigkeit der Elemente zu rasch verdunsten würde.

Zu den übrigen Einrichtungsgegenständen wäre zu zählen ein Arbeitstisch, vielleicht an der linken Seite des Zimmers stehend und die gesammte Mauerlänge einnehmend. Dieser Tisch — und es gilt von allen Tischen in Laboratorien — soll stark gebaut und mit einer alten, ausgetrockneten Eichen- oder Ahornplatte gedeckt sein. Die nutzbare Tischfläche, in drei verschieden verwendbaren Theilen gedacht, ist durch zwei Holzlatten gleichmässig abgetheilt.

Der erste Theil diene für schriftliche Arbeiten, auf dem Tische befinden sich also Papier, Tinte und Zeichnungsutensilien, über demselben ein Regale für Bücher, Tabellen etc. Der zweite Theil sei den mechanischen Arbeiten zugedacht. Die Ausrüstung besteht in einem kleinen, jedoch festen Schraubstocke und einem an der Wand befestigten Kästchen mit den verschiedenen Werkzeugen. Der letzte Theil endlich, für die chemischen Arbeiten bestimmt, enthält einige starke Eisenstangen eingelassen, welche die Träger für Retortenhalter etc. sind. Oberhalb dieses Tischtheiles sei wieder ein Kästchen mit chemischen Utensilien, Glasröhren etc. angebracht. Unter dem ersten Theile sei ein Papierkorb, unter den beiden anderen Steinguthäfen mit Holzdeckel, als Abfallhäfen zu benützen.

Die Rückseite des Zimmers, soweit nicht Thüre und Ofen den Raum einnehmen, deckt ein grosser Glasschrank mit Flügelthüren zur Aufbewahrung der phy-

sikalischen Apparate. An gleicher Seite ist auch am besten der Wasserleitungshahn mit einem Wassergrante anzubringen.

Die rechte Wand des Laboratoriums wird zum Aufstellen einer Luftpumpe, Quecksilber- oder anderen Luftpumpe, des oder der Barometer, Thermometer, sowie zum Aufhängen von Tafeln, Stromschemas etc. und eines gut schliessenden Schrankes zum Aufbewahren von Batterien benützt.

In Betreff der Luftpumpe möchte ich empfehlen, dieselbe, soferne sie nicht am Arbeitstische angeschraubt, auf Rollen zu stellen, damit sie, je nach Wunsch, in alle Theile des Zimmers mit grösster Leichtigkeit gebracht werden kann.

Wie schon früher bemerkt, ist es gegenwärtig Brauch geworden, stärkere Ströme nicht mehr durch Batterien, sondern durch Dynamos zu erzeugen. Dieselben werden auch stets für Laboratorien angepriesen, bieten aber, sobald man ohne Gehilfen arbeitet, nicht die geringste Annehmlichkeit. Ich kann diese Maschinen nur dann empfehlen, wenn ein Motor vorhanden ist. Im gedachten Falle käme also auf die rechte Seite noch eine kleine Dynamomaschine und ein Motor. Leider giebt es, so viel mir bekannt, in ganz Deutschland keine grössere Stadt, welche ihre Wasserleitung zum Motorenbetriebe abgiebt. Es bleibt unter diesen Verhältnissen nur übrig, einen kleinen Gasmotor aufzustellen.

Für den angenommenen Raum würde ein kleiner Otto-Motor schon zu viel Platz wegnehmen, es dürfte deshalb die Wahl nur auf einen Bishop-Motor fallen können. Bedenkt man die nicht unbeträchtlichen Ausgaben für Motor, Montage, Dynamomaschine, sowie die

Unschönheit der Rohrleitungen, die Anhäufung von Eisenmassen, den Gas- und Oelgeruch u. s. w., und stellt den erzielten Nutzen und die Bequemlichkeit gegenüber, so dürfte selbst eine grössere Batterie immer doch das vortheilhafteste sein, hauptsächlich dann, wenn die Versuche nur kurze Zeit in Anspruch nehmen. Ich empfehle hierzu die von Poggendorf angegebenen Tauchbatterien.

Sind jedoch Mittel vorhanden, um die Dynamomaschine in einem anstossenden Raum unterbringen zu können, der vielleicht zugleich als mechanische Werkstätte dienen kann, und verfügt man über einen guten einpferdigen Motor, so tritt allerdings die Dynamomaschine in ihre Rechte, und für diesen Fall empfehle ich ihre Anschaffung auf das Angelegentlichste.

Ich betrete hiermit das Gebiet des grossen Laboratoriums, Fig. 47 c, Seite 198.

War es schon schwierig, die allgemeinen Umrisse der kleinen Privatlaboratorien zu zeichnen, so dürfte das Auseinandergehen der Zwecke der Laboratorien grösserer Institute die Beschreibung derselben von einem allgemeinen Gesichtspunkt aus noch mehr erschweren; ich beschränke mich daher darauf, eine Erweiterung des vorbeschriebenen Laboratoriums zu skizziren.

Der gegebene Raum besitzt vier Fenster.

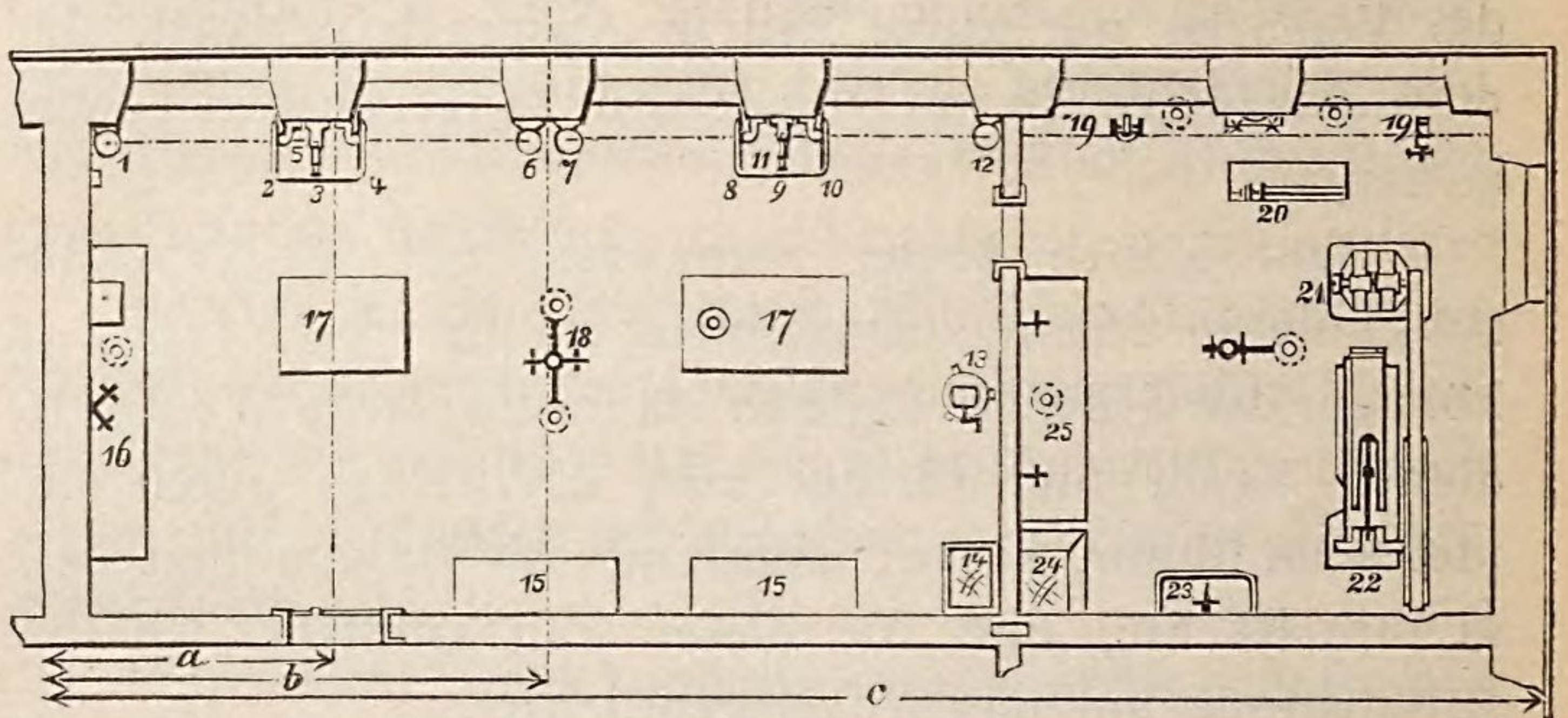
Die Vorderseite ist folgenderweise ausgenützt:

In der einen Ecke steht ein feines Spiegelgalvanometer, hierauf an dem ersten Pfeiler befestigt ein nach rechts oder links benützbares Fernrohr mit zwei Ableseplatten, neben demselben die Wage und der Replenisher, darunter der Tisch mit den Widerständen, Commutatoren etc., am zweiten Pfeiler das Quadrantenelektrometer

und neben demselben ein Elektrodynamometer nach Quinke, Fröhlich oder Giltay.

Am dritten Pfeiler wiederholt sich die Fernrohraufstellung zur Benützung nach links und rechts, also für das

Fig. 47.



1. Spiegelgalvanometer, für das Laboratorium c als astatisches gedacht.
2. Ableseplatte (roth).
3. Fernrohr, seitlich an der gleichen Console die Wage und der Wiederhersteller für das Elektrometer.
4. Ableseplatte (schwarz).
5. Tisch für Messbrücke etc.
6. Elektrometer.
7. Galvanometer, aperiodisches, von Carpentier.
8. Ableseplatte dafür (roth).
9. Fernrohr.
10. Ableseplatte (schwarz).
11. Tisch mit Messbrücke etc.
12. Elektrodynamometer.

Ferner für das Laboratorium c:

13. Quecksilberluftpumpe.
14. Ofen.
15. Schränke.
16. Arbeits-Consoltisch darüber Console mit chemischer Wage.
17. Arbeitstische.
18. Gaslampen.
19. Werkbank mit Gasgebläse und Schraubstock.
20. Drehbank.
21. Dynamomaschine.
22. Gaskraftmotor.
23. Wassergrant.
24. Esse für chemische und mechanische Arbeiten.
25. Werkbank für chemische Arbeiten.

Elektrodynamometer und für das Instrument in der zweiten Ecke, welches ein absolutes Elektrometer nach Thomson, ein astatisches Galvanometer nach demselben,

oder aperiodisches Galvanometer nach d'Arsonval sein kann. Die Reihenfolge dieser vier Instrumente wird natürlich dem jeweiligen Falle angemessen sein und dürfte mannigfache Variationen erlauben; so zum Beispiel könnten die ersten beiden Instrumente dem Gebrauche des Lehrers, die beiden anderen weniger empfindlichen dem des Schülers zuzuweisen sein.

Sämmtliche Spiegelgalvanometer werden, wie früher beschrieben, gegen Erschütterungen durch starke Platten und Gummifüsse isolirt, nur ergibt sich bei Verwendung eines Cylinderquadrantenelektrometers nach Edelmann statt der Plattenform die eines Ringes, welcher den Glassturz und die unteren Elektrometertheile durchlässt. Die rechte Wand habe eine Thüre, welche in die Arbeitsstube oder in die Batterieküche führt. In der hinteren Ecke stehe der Ofen, zwischen beiden kann eine Quecksilberluftpumpe, sowie auf Holzconsolen ein Dynamometer und Elektrodynamometer von Siemens und Halske, oder an der Wand befestigt ein Ammeter und Voltmeter nach Uppenborn oder sonst einer bewährten Construction Aufstellung finden. Neben dem Ofen an der Rückwand stehen zwei Schränke, physikalische Apparate enthaltend. Der übrige Raum sei durch die Ausgangsthüre eingenommen.

Die linke Wandseite nimmt der Länge nach ein aus Eichenholz gefertigter starker Wandtisch ein, oberhalb desselben auf einer Separatconsole steht eine feine chemische Wage, an der Wand seien ausserdem ein paar Beleuchtungslampen befestigt, sowie ein paar Gasähne mit Schläuchen eingelassen. Der Tisch habe am Rande eine Rinne, um Flüssigkeiten, Quecksilber etc. abzufangen, unter demselben stehen ein paar grosse

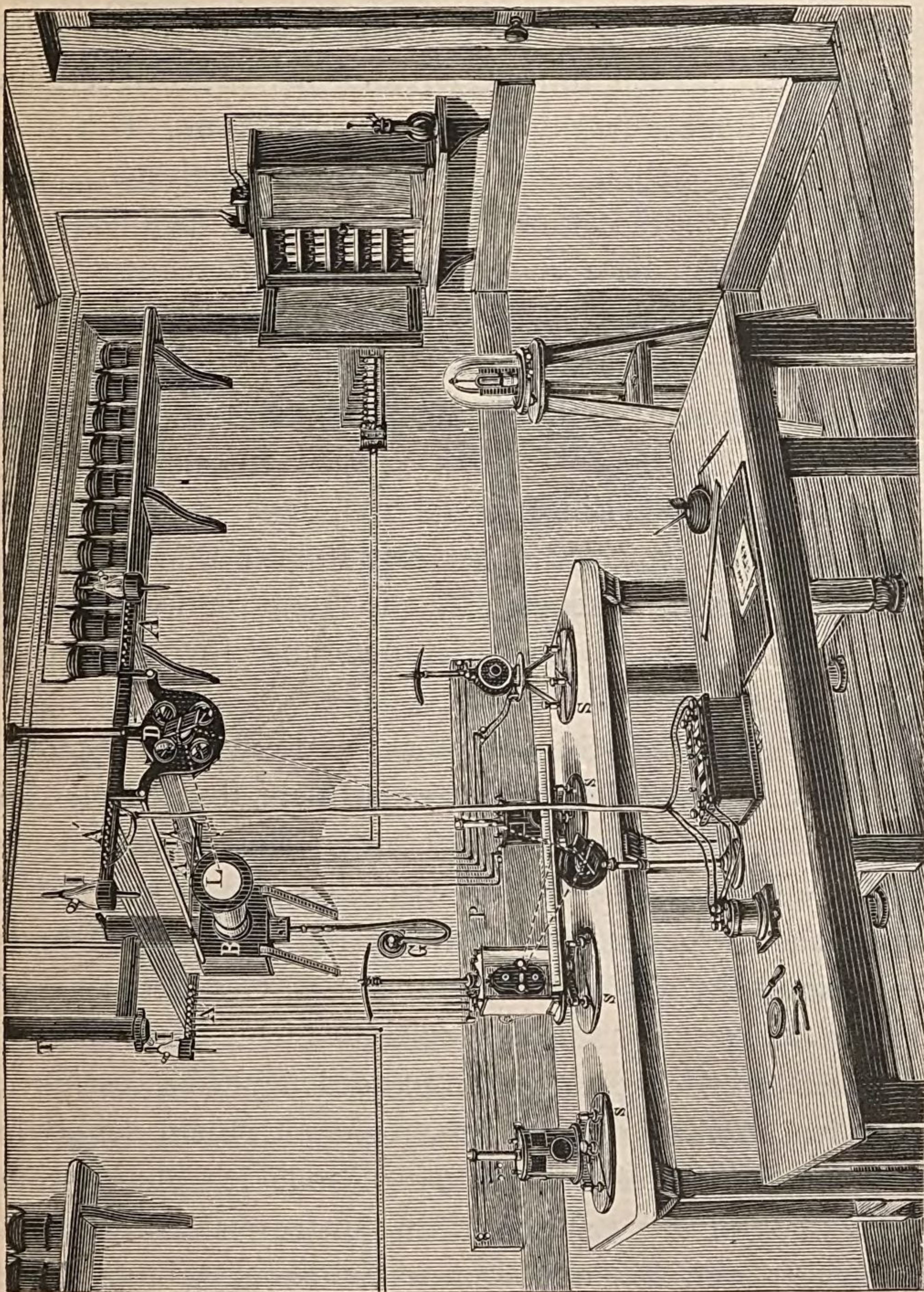
Steinguthäfen, ausserdem können ein paar Stühle, am besten dreibeinig, in der Höhe verstellbar, unter denselben gerückt werden. Gegen das Fenster zu, also in guter Beleuchtung, hänge ein Heberbarometer, im Nichtgebrauchsfalle in eine gegen die Verticale geneigte, durch einen Nagel fixirte Lage zu bringen, sowie einige Thermometer.

In Mitte des Zimmers können zwei vom Grunde aus gemauerte Steinpfeiler aufgeführt sein. Die Holzverschalung darf die Pfeiler nicht berühren, es muss vielmehr zwischen beiden ein ungefähr 1 Centimeter breiter Raum ausgespart sein, welcher mit Schlackenwolle oder ähnlichen Stoffen ausgefüllt ist.

Die Pfeiler sind eine Annehmlichkeit für das Laboratorium, weil auf denselben mit Hilfe von Dreifüssen Instrumente gestellt werden können, welche Zugänglichkeit von allen Seiten erheischen, diese allgemeine Zugänglichkeit aber bei der Aufstellung an der Wand verloren geht. Zu dergleichen Apparaten gehören das Sinuselektrometer von Kohlrausch, die Coulomb'sche Drehwage etc., Instrumente, welche in einem modernen Laboratorium nicht gerade absolut nöthig sind.

Man wird in den meisten Fällen also die gemauerten Pfeiler entbehren können, hingegen leisten ein paar feste in die Mitte des Zimmers gestellte Tische mit starken Steinplatten und starken Gummifüssen ausgezeichnete Dienste und können nach Aussage Carpentier's selbst die Pfeiler ersetzen. Ich möchte diese Aufstellung, von welcher die von mir empfohlene und auf jedes Instrument im Einzelnen angewandte Aufstellung nur eine Specialisirung der Idee ist, mit einigen Worten erwähnen und lege ein vollständiges Laboratorium nach Carpentier zu Grunde. (Fig. 48.)

Auf einem aus starken, viereckigen Riegeln erbauten Tische liegt eine schwere Steinplatte, auf derselben und
Fig. 48.



fest mit ihr verbunden befinden sich vier Centrirplatten für ebensoviel Instrumente.

Die Platten, aus Messing gefertigt, haben drei radiale conische Längsnuten, wodurch für die Stellschrauben des Instrumentes eine absolut sichere Lage geschaffen ist, mithin das Instrument selbst, wenn es nothfalls abgehoben werden müsste, wieder in die vorige, genau präcisirte Lage zurückgebracht werden kann. Die Füße des Tisches stehen auf starken Gummiplatten, deren Dicke und Elasticität im Verhältnisse zu dem Gewichte der Steinplatten derart ausprobt ist, dass Erschütterungen, welche die Ablesung der Instrumente unmöglich machen würden, vermieden sind.

Die Ablesevorrichtung ist bekannt und früher beschrieben.

Eine grosse Linse L gehört dem Argandbrenner an und dient mit Hilfe der Mitraillause D, einer durch Löcher durchbrochenen Blende und universal verstellbaren Spiegeln, zur Lichtlieferung für sämtliche Instrumente.

Auch die Versicherung, dass man mit dieser Beleuchtungsart, der man Genialität gewiss nicht absprechen kann, in einem nur halbdunkeln Zimmer bereits gute Lichtbilder auf der Scala erhält, wird dem mit dem Fernrohr vertrauten Arbeiter, der gewohnt ist, seine Experimente bei Tageslicht anzustellen, von seiner Gewohnheit nicht abwendig machen; ich bezweifle nicht, dass mit der Ausbreitung der Elektrotechnik das deutsche Verfahren, mit dem Fernrohr abzulesen, bald allgemein sein wird.

Nach dieser Abschweifung gelange ich zur Beschreibung des an das Laboratorium anstossenden, durch die Thüre an der linken Mauer erreichbaren Arbeitsraumes, eines Zimmers, eingerichtet für gröbere Arbeiten, als Raum für den Motor und für die Elemente.

Ich denke mir den Raum mit zwei Fenstern versehen. Vor dem einen Fenster befinde sich ein starker Arbeitstisch zum Aufstellen einer Theilmaschine etc. und mit einer Glasblasevorrichtung versehen. Unter dem Tische sei der doppeltwirkende Blasebalg, welcher die Luft in das Glasgebläse treibt, auf dem Tische die beiden ineinander steckenden Röhren mit Hähnen, welche die Gebläsevorrichtung ausmachen, angebracht. Seitlich in der Ecke mögen verschiedene Glasröhren stehen, in der Tischlade Werkzeuge zum Glasblasen, unter dem Tische ein Hafen für Abfälle. Vor dem zweiten Fenster stehe eine Werkbank mit Schraubstock, hinter demselben eine Drehbank. An den Pfeilern sei ein Kasten mit Mechanikerwerkzeugen aufgehängt. Unter demselben ein doppelter Gashahn mit zwei Schläuchen und zwei Beleuchtungslampen, eine für den Glasblasetisch, die andere für den Werkstisch und die Drehbank.

Hinter der Drehbank, also an der linken Mauer, sei ein Gasmotor aufgestellt, die Cylinderöffnung nach rückwärts, das Schwungrad und die Riemenscheibe an der Mauerseite; vor dem Motor die Dynamomaschine, auf einem Mauersockel montirt. Für den Fall, dass verschiedene Maschinen geprüft werden sollen, sind zwei starke Bohlen zum Aufschrauben der Maschinen vor dem Gasmotor am Boden befestigt.

Ist die Tiefe des Raumes nicht genügend, um dem Riemen die nöthige Länge zu geben, welche gestattet, allenfalls ein v. Hefner-Altenneck'sches Dynamometer zwischen Motor und Dynamomaschine einzuschalten, so kann auch an der Decke ein Zwischenvorgelege mit Auslösung montirt werden. Die Lager, sogenannte Hängelager, werden am besten mit Seller's Kugellagern versehen; auf

die Schmiergefässe ist besondere Vorsicht zu verwenden. Zwischen den beiden Riemenscheiben kann eine Feder eingeschaltet werden, welche auf einem gut ablesbaren Gradbogen einen Zeiger mit Hilfe eines Hebelwerkes spielen lässt und den jeweiligen Kraftverbrauch der Maschine angiebt. Derartige Vorrichtungen sind, sofern es nicht auf äusserste Genauigkeit ankommt, sehr bequem, sie werden nach dem Prony'schen Zaume oder nach dem v. Hefner-Alteneck'schen Dynamometer geaicht. An der Rückseite des Zimmers sei ein grosser Wassergrant aufgestellt, über demselben ein Hahn für laufendes Wasser, an Seite desselben Regale mit Holznägeln zum Aufstellen von Batteriegläsern u. s. w.

In der Ecke der linken Mauer neben dem Wasserbecken möge eine kleine Esse Platz finden, welche durch einen Blasebalg mit Fusstritt verbunden ist; ausserdem ist es angenehm, in dieser Esse chemische Arbeiten vornehmen zu können, wesshalb dieselbe sowie der Rauchfang mit nach oben zu schiebenden Glasfenstern, welche den Säuredämpfen etc. die Verbreitung in das Zimmer erschweren, geschlossen ist. In nächster Nähe befinde sich ein doppelter Gashahn mit Schläuchen, ferner ein dreifach combinirbarer Bunsenbrenner.

Längs der linken Mauer sei ein fester Wandtisch aufgestellt, auf welchem chemische Arbeiten vorgenommen werden können und in welchem deshalb einige eiserne Ständer mit den nöthigen Klammern zum Halten von Glasröhren, Retorten u. s. w. eingelassen sind. Ueber dem Tische befinden sich Consolen für Batterien, für chemische Utensilien und zur Schonung der feinen, chemischen Wage eine bessere Handwage. Eine gute Uhr mit springendem Secundenzeiger, sowie allenfalls ein paar

Gaslampen, deren Rohre und Leitungen jedoch aus Messing und Blei bestehen müssen, vervollständige das Ganze.

Unter Zugrundlegung dieser Beispiele dürfte es geringe Schwierigkeit haben, Laboratorien in ihrer Neu-
anlage praktisch einzurichten, diese Muster dürften aber auch genügen, ältere Einrichtungen den Anforderungen der Neuzeit gemäss umzugestalten. Ich hätte somit das Capitel „Laboratorien“ erledigt, zwängen mich nicht mehrere Laboratorien der praktischen Elektrotechnik, welche Specialzwecken dienen, und nicht in den Rahmen der allgemeinen Laboratorien eingeschoben werden konnten, zu deren nachträglichen Besprechung.

Der erste der Fälle, welche ich im Auge habe, betrifft den Prüfungsraum für Dynamomaschinen in den Dynamomaschinenfabriken.

Zu den wichtigsten Apparaten für derartige Prüfungen gehört unstreitig der Motor. Seine Leistung richtet sich nach dem Arbeitsverbrauche der gefertigten Maschinen, seine maximale Leistungsfähigkeit soll aber immer grösser sein als der Kraftbedarf der zu untersuchenden Dynamos, indem nur in diesem Falle auf eine gleichmässige Tourenzahl zu rechnen ist. Der ersten Bedingung genügt daher die ausreichende Kraftleitung, der zweiten, ebenso wichtigen, die möglichst gleichförmige Umdrehungsgeschwindigkeit sowie die eventuelle Möglichkeit, diese Umdrehungsgeschwindigkeit zu ändern.

Bei Turbinen und Dampfmaschinen, welche sich zu diesem Zwecke besonders eignen, ist die Möglichkeit, die Tourenzahl zu verändern, zwar gegeben, indessen arbeitet namentlich ein Dampfmotor nur bei ganz bestimmten, sich in engen Grenzen bewegenden Variationen der Tourenzahl am gleichförmigsten.

Ich habe zur Erlangung der Veränderlichkeit in den Prüfungsräumen des Schuckert'schen Ateliers eine Vorrichtung gesehen, welche für diese Zwecke recht praktisch zu sein scheint und auch bei Zuckercentrifugen etc. Anwendung findet.

Zwei conische Trommeln mit entgegengesetztem Conus, deren erste den Antrieb von dem Motor erhält, die zweite aber die Dynamomaschine treibt, sind durch einen in der Längenaxe der Trommeln verschiebbaren Riemen verbunden.

Durch Verschiebung des Riemens lassen sich allmählig alle durch die Grösse der Conuse gegebenen Geschwindigkeiten erreichen. Diese Vorrichtung ist auch deshalb sehr zu empfehlen, weil beim Anlassen der Dynamos die geringste Geschwindigkeit gewählt werden kann, ohne den Motor gänzlich ausser Thätigkeit zu setzen.

Ein weiteres Erforderniss für den Prüfungsraum bildet die Aufstellungsvorrichtung für die Maschinen. Da diese für verschiedene Lampenanzahlen u. s. w. auch verschieden grosse Fundamentplatten besitzen, so genügt dieser Anforderung am besten eine starke mit Löchern versehene Gusseisenplatte, welche auf einem Steinfundamente montirt ist.

Die Maschinen werden darauf mittelst Mutterschrauben und Laschen aufgeschraubt. Zur Messung der consumirten Arbeit läuft der Riemen durch ein v. Hefner-Alteneck'sches Dynamometer, das an einer Gusssäule, universal verstellbar, befestigt ist. In Schuckert's Prüfungsraum ist in sehr praktischer Weise das Dynamometer an der einen der vorbeschriebenen Conustrommeln befestigt und zeigt die verbrauchte Arbeit durch einen Zeiger an einem weit sichtbaren Gradbogen an.

Da ausser dem Kraftverbrauche auch die Geschwindigkeit der Maschine wissenswerth ist, so wird auf die Axe derselben ein Rad aufgesteckt, welches durch einen schmalen Riemen mit einem Tachometer verbunden ist. Es ist von grossem Vortheile, wenn man die Axen des Motors, des Zwischenvorgeleges und der Dynamomaschine je mit einem Tachometer verbindet und dieselben, wenn es die Oertlichkeit erlaubt, so aufstellt, dass sie gleichzeitig sichtbar sind; man erhält hierdurch eine Controle für das Gleiten der Riemen u. s. w. Die Ströme werden gut isolirt in das Laboratorium geleitet und die Zuführungsdrähte dort mit den Messinstrumenten verbunden.

Die Messungen geschehen in den meisten Fabriken derart, dass nach genau vereinbarten Zeiträumen die Tourenzahl geändert wird, ferner dass bei gleichen Tourenzahlen verschiedene Widerstände eingeschaltet werden. Auf den Anfang jeder neuen Operation wird durch das Zeichen einer elektrischen Glocke aufmerksam gemacht.

Sind indessen Prüfungsraum und Laboratorium räumlich getrennt, so dürfte sich die Verbindung durch ein Telephon empfehlen. Ich möchte als Telephone zu diesem Zwecke lediglich sogenannte Mehrcontacter, als Ader, Crossley, Paterson u. a. m. anrathen, da alle Eincontacter, als Blake-Bell, Berliner etc., bei dem in solchen Räumen unvermeidlichen Staube bald zu functioniren aufhören und ihre Anwendung wegen des öfteren Reinigens und wegen Reparaturen unpraktisch erscheint. Das Laboratorium selbst unterscheidet sich von dem vorbeschriebenen, da alle Arbeiten der Elektrotechnik, als Controliren der Dynamometer und Elektrodynamometer durch Spiegelgalvanometer und

Quadrantenelektrometer, sowie Anfertigung von Normal-elementen, Silberniederschlägen etc. täglich verrichtet werden müssen, im Ganzen und Grossen nur insofern, als hauptsächlich der praktischen Seite Rechnung getragen werden muss, indem also ausser den Stöpselwiderständen noch solche aus blankem Neusilberdraht, aus Stahldraht, Oelwiderstände und dergleichen, Regale zum Einstecken von Glühlampen, Photometer zur Bestimmung der Lichtintensität der Lampen etc. vorhanden sind. —

Der zweite Fall betrifft das Laboratorium der Telegraphenämter. Das Laboratorium des Hauptamtes eines Landes dürfte sich von einem vollständig eingerichteten Laboratorium für Elektrotechnik nur wenig unterscheiden.

Die Messung von Widerständen erfordert ein Spiegelgalvanometer und eine Messbrücke, die von Batterien ein Elektrometer, Proben über die Verwendbarkeit der Dynamomaschinen zum Telegraphiren, eine dynamo- oder magnetelektrische Maschine, Untersuchungen über Batteriefüllungen, über die Reinheit der verwendeten Materialien, über die Imprägnirung der Stangen u. s. w.; chemische Utensilien, Proben mit Telephonen, ein empfindliches Elektrodynamometer, Versuche über Isolationsfähigkeit von Kabeln, Isolirglocken u. s. w., Condensatoren, die Arbeiten selbst eine kleine mechanische Werkstätte; kurz man sieht, dass die Fülle der zu lösenden Aufgaben ein vollständiges Laboratorium bedingt. Man sieht aber auch, dass bei der Menge des Stoffes eine Reihe von Verbesserungen gemacht werden könnten und findet es vom technischen Standpunkte aus ungreiflich, dass eine Anzahl von Telegraphenverwaltungen dem Gedanken der Errichtung derartiger Versuchslabo-

ratorien so ferne stehen, Einrichtungen, deren erstmalige Beschaffung den Preis von einigen Tausend Mark nicht übersteigen, deren Rentabilität aber durch Ersparungen im Gesamtbetriebe nur dem Auge des Nichttechnikers zweifelhaft erscheinen kann.

Das Laboratorium müsste unter Zugrundelegung der bescheidensten Ansprüche über einen zweifenstrigen Hauptraum verfügen, in welchem ein Spiegelgalvanometer, ein Quadrantenelektrometer, Messtisch mit Widerständen, Condensatoren und Stromschlüsseln, Barometer, Thermometer, ferner die nöthigen Tische und Schränke unterzubringen wären. Der Nebenraum sei als Batterieküche, als mechanische und chemische Werkstätte, sowie als Aufstellungsraum für den Gasmotor und die Dynamomaschine gedacht.

Das vollkommene Laboratorium müsste über ein vierfenstriges Zimmer, ferner über ein Elektrodynamometer, sowie über ein astatisches Spiegelgalvanometer nach Thomson verfügen, es würde also mit dem auf Seite 197 beschriebenen Laboratorium identisch sein, ausserdem aber in der Batterieküche eine Maschine für Festigkeitsproben an Drähten aufzunehmen haben.

In dem vorbeschriebenen Laboratorium ist dem Studium der Telephonie nur durch Beschaffung eines Elektrodynamometers Rechnung getragen. Da jedoch das Studium der Telephonie mit der Akustik den innigsten Zusammenhang aufweist, so würde ein Laboratorium ohne akustischen Apparat unvollkommen genannt werden müssen. Es ist mir unbekannt, ob eine Telegraphenverwaltung dieser Sache durch Errichtung eines Laboratoriums für Telephonie näher getreten ist, ich beschränke mich deshalb darauf, Fingerzeige zu geben,

in welcher Art eine derartige Versuchsstation auszuführen wäre, bespreche jedoch nur diejenigen Apparate, welche in dem Laboratorium für telegraphische Zwecke nicht genannt sind.

Das Elektrodynamometer von Frölich, auf Seite 96 beschrieben, dürfte sich zu numerischen Vergleichen über Telephone besonders eignen. Zur Prüfung von Magnettelephonen dürften bei der gegenwärtigen Ausführung dieser Apparate jedoch die Ausschläge beim Ansingen der Telephone zum Beispiel zu klein werden, weshalb als Aufhängefaden der kleinen Rolle ein Cocon zu nehmen und die Stromzuführung durch zwei senkrecht unter einander befindliche Quecksilbernäpfe zu betätigen wäre. Geeigneter für alle Versuche wäre das Elektrodynamometer von Giltay.

Ich lenke die Aufmerksamkeit wiederholt darauf, bei allen feinen Instrumenten, welche Quecksilberzuleitung besitzen, nur chemisch reines Material zu verwenden und die eintauchenden Drähte möglichst dünn zu halten, da sich ausserdem die Einstellungen des Spiegels ungenau oder unregelmässig vollziehen.

Zur Beschaffung gleichmässiger und verschiedener Töne bediene man sich eines Tisches mit doppeltem Blasebalge und aufzusetzenden verschiedenen Orgelpfeifen, besser noch eines Wassertrommelgebläses an Stelle des Blasebalges, anstatt der Pfeifen vielleicht eine Sirene. Für dergleichen Zwecke lassen sich auch Stimmgabeln, durch den elektrischen Strom beständig erregt, verwenden. Als Erreger von Telephonen müssen die Gabeln von nicht unbedeutender Grösse sein und mit starken Strömen betrieben werden; ausserdem ist es nothwendig, dass die Enden der Zinken mit kreisförmigen Luftfängern ver-

sehen sind, welche die Luftwellen in die Schalltrichter der Telephone einleiten. Behufs Analyse der Klangfarben benötigt man Resonatoren von verschiedener Grösse. Dieselben sind bekanntermassen Kugeln aus Blech oder Glas, welche zwei Oeffnungen besitzen, deren zugespitzte kleinere zum Einstecken in den Gehörgang dient. Man kann sich Resonatoren auch auf sehr billige Weise herstellen, indem man starke glatte Pappe röhrenförmig verleimt, Boden und Deckel einsetzt, die nothwendigen Oeffnungen einschneidet, an die rückwärtige Oeffnung eine Spitze aus Glas oder Bein befestigt und endlich nach Vollendung des Ganzen das Innere mit einem aus rothem Siegellack und Alkohol hergestellten Lacke ausgiesst und diesen Resonator in der Wärme trocknet.

Zu mehreren Versuchen benötigt man eines rotirenden vierseitigen Spiegels, zum Beispiel zur Untersuchung der König'schen Flammenbilder. Zur Herstellung einer dauernden Rotation kann man sich mit Vortheil einer Kraftmaschine bedienen. Als Zubehör des Spiegels fertige man zwei Telephone, welche statt der Schallöffnung eine Kapsel mit zwei Röhren aufgesetzt erhalten. Das eine Rohr dient zur Zuleitung des Leuchtgases, das andere trägt den Spitzbrenner. Werden beide Flammen senkrecht unter einander vor dem Spiegel aufgestellt und gemeinsam durch die Telephone erregt, so werden bei der Rotation des Spiegels die gleichen, dem Tone zugehörigen Flammenbilder zu beobachten sein. Unter Einschaltung einer Luftleitung oder eines Kabels zwischen beide Telephone, sowie durch Veränderung der Tonhöhe etc. lassen sich die verzögernden Wirkungen von Kabelleitungen auf einzelne Töne, Consonanten und Vokale etc. studiren.

Versuchsleitungen, Versuchskabel oder künstliche Kabel vervollständigen den Gesamtapparat für Telephonstudien.

Das Vorbeschriebene dürfte nur als eine Skizze zur Anlage eines Laboratoriums für Telephonie zu betrachten sein, ist ja die Telephonie zur Zeit selbst kaum aus dem Stadium des Versuches getreten; immerhin werden mit den aufgezählten Apparaten und in Verbindung mit denjenigen eines Laboratoriums für Telegraphie Versuche auf diesem Gebiete bewerkstelligt werden können.

Ausser dem Laboratorium für Telegraphie, das heisst dem für die Telegraphentechniker bestimmten Laboratorium, haben verschiedene Staaten auch Unterrichtsräume verbunden mit Laboratorien für die Schüler der Telegraphenschulen errichtet. Ein derartiges Laboratorium unterscheidet sich in keiner Weise von anderen vollkommeneren Laboratorien, ist es doch die Aufgabe derselben, die hier Lernenden mit den feineren Messungen und Messinstrumenten bekannt zu machen. Frankreich besitzt ein vorzüglich eingerichtetes Laboratorium für diesen Zweck an der Ecole supérieure in Paris unter der Leitung Mercadier's. Es verfügt über ein Mascart-Elektrometer, ein Thomson-Spiegelgalvanometer, d'Arsonval - Deprez' aperiodisches Galvanometer, sowie über die vollständige Hilfseinrichtung.

Neben den beschriebenen, in stufenweiser Entwicklung dargestellten Laboratorien giebt es eine Anzahl Speziallaboratorien, welche nicht in den Rahmen dieser Entwicklung passen; sie werden nunmehr nachträgliche Besprechung finden.

An vielen meteorologischen Observatorien bildet die Beobachtung der täglichen Wechsel der atmosphärischen Elektrizität einen Hauptzweig dieser Anstalten.

Wohl die ältesten Beobachtungen, welche wissenschaftlich angestellt wurden, rühren von Luigi Palmieri her. Palmieri hatte sein Observatorium hiefür auf der Plattform der Vesuvstation aufgebaut, später in einem eigenen Holzhouse, und seine Experimente in mannigfacher Weise angestellt.

Die wichtigsten Regeln, welche dieser Forscher für den Bau derartiger Laboratorien findet, dürften in Kürze in Folgendem zusammenzufassen sein.

Das Gebäude soll möglichst frei stehen, das heisst nicht in der Nähe von anderen Gebäuden, sowie auch in grösster Entfernung von einzelnen Bäumen und Waldungen. Wenn die örtlichen Verhältnisse es gestatten, wäre als Bauplatz der höchst gelegene Punkt eines unbewaldeten Hügels, der die Umgegend auf mehrere Kilometer beherrscht, auszuwählen. Die Gebäudeconstruction, besonders die Bedachung, soll möglichst wenig Metalltheile aufweisen.

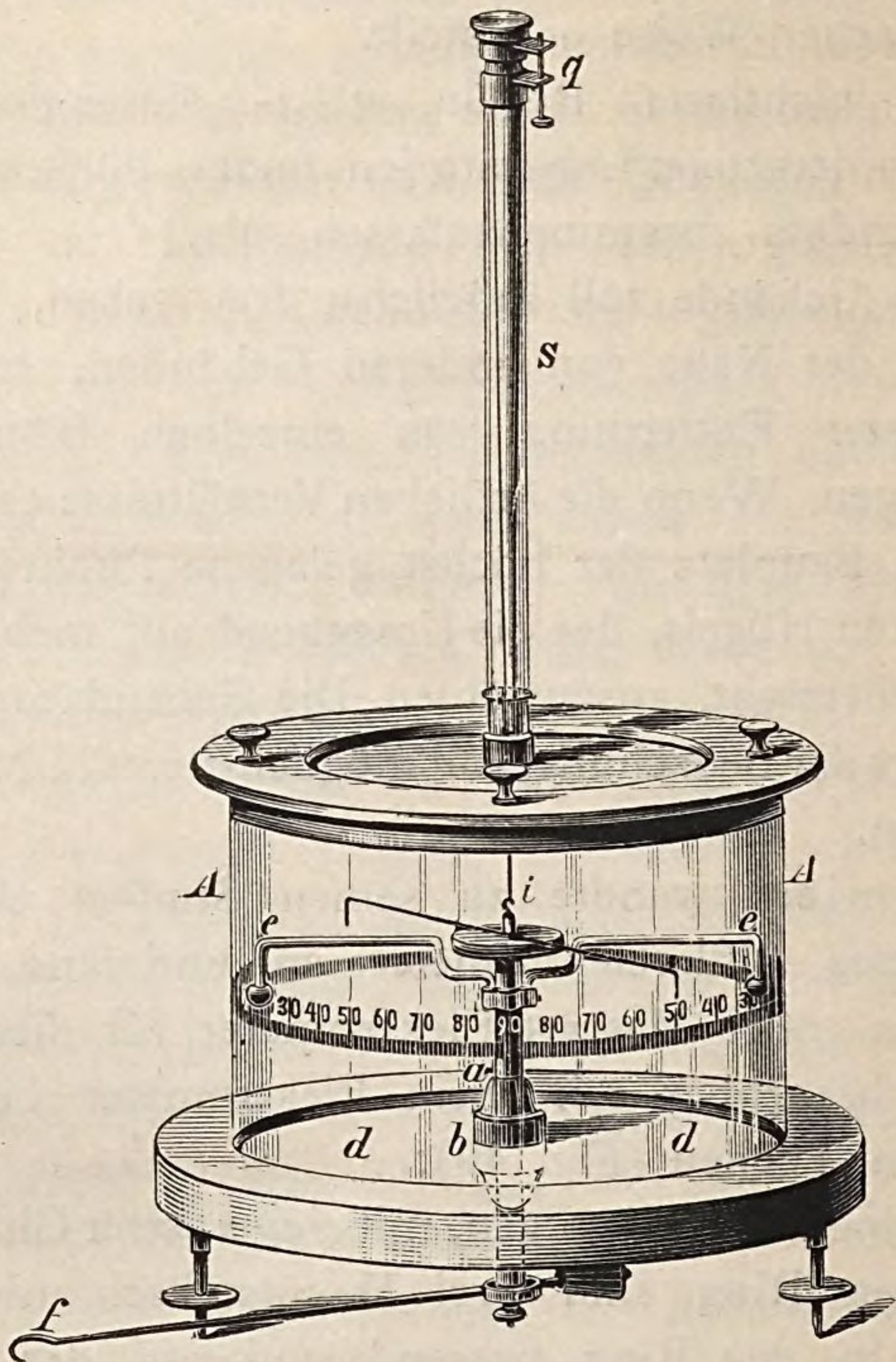
Palmieri wandte zu seinen Studien ein selbst-construirtes Bifilarelektrometer an und fand, dass das Thomson- oder Mascart-Elektrometer für diese Zwecke weniger brauchbar sei. Sein Elektrometer besteht aus folgenden Theilen (Fig. 49):

In einem kreisförmigen, mit eingesetzter Glasplatte *dd* versehenen Ring sind drei Hauptstellschrauben eingelassen. In den Ring passend und auf der Glasplatte aufstehend, ist ein Glascylinder *A* mit Stirntheilung, der mit einer gläsernen Deckelplatte geschlossen wird, aufgesetzt. Die Platte ist mit Hilfe dreier randerirter Schrauben an der metallenen Cylinderfassung befestigt. Sie trägt das Suspensionsrohr *S*, und dieses den Centrirkopf, an welchem seitlich eine kleine Schraubenvor-

richtung q behufs Hebung und Senkung des Coconfadens angeschraubt ist.

Die innere Einrichtung ist in einer speciellen Skizze anschaulich gemacht (Fig. 50).

Fig. 49.

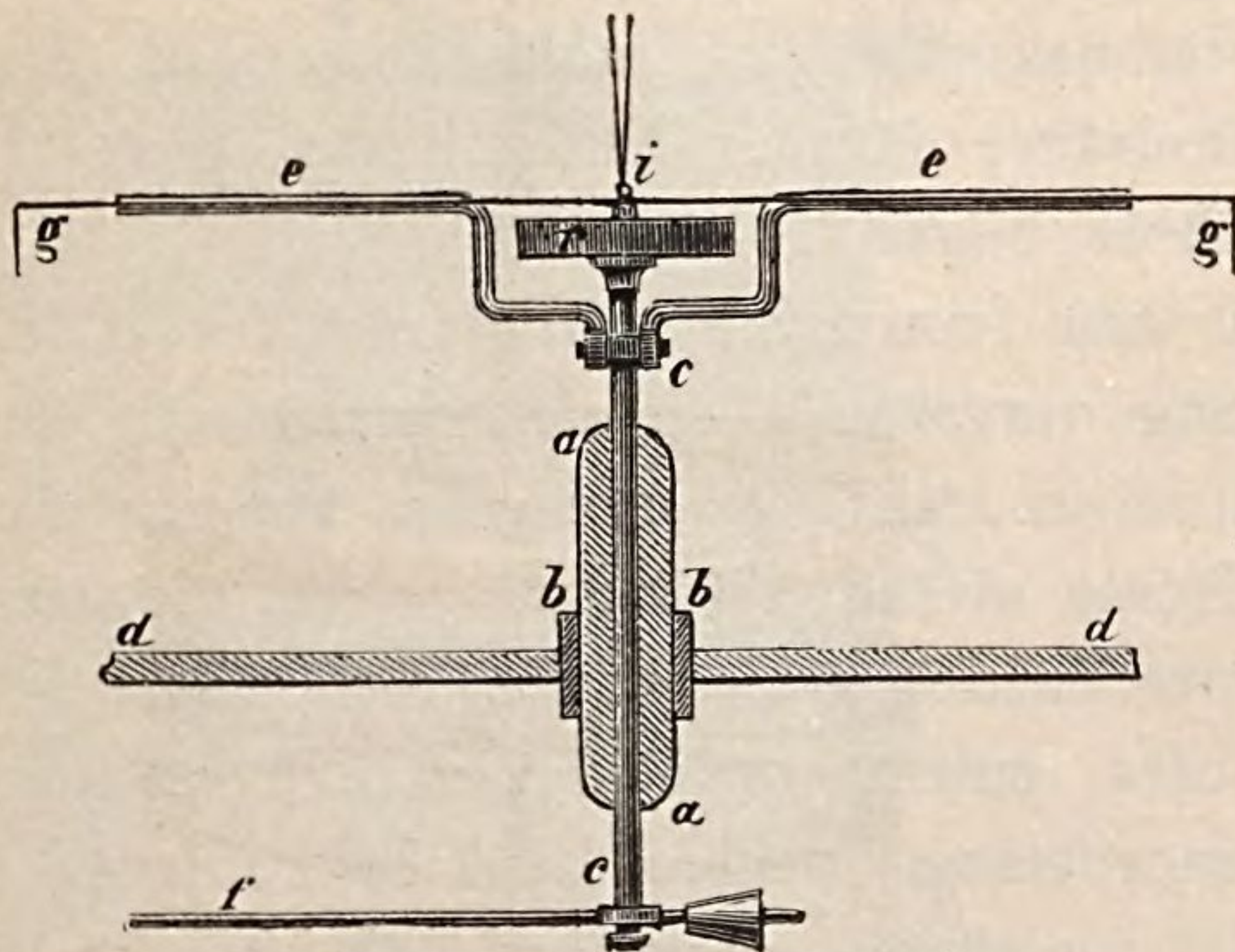


Hier bedeute $d d$ den Querschnitt der unteren Bodenplatte. In der Mitte derselben befindet sich ein Loch von circa 1.5 Centimeter, welches von einem Abschnitte eines Stückchens Krystallglasrohres $b b$ durchsetzt wird. In dem Rohre ist mittelst Scagliuola befestigt ein senkrecht stehender Kupferstab c eingeführt.

Scagliuola ist eine in Italien mehrfach benützte Mischung aus zwei Theilen griechischem Pech und einem Theile gebrannten Gyps. Palmieri rühmt dieser Mischung nach, dass sie sehr vollkommen isolire, nicht hygroskopisch sei, und dass sie auch an sehr heißen Tagen kein Erweichen zeige.

An dem Kupferdrahte sind zunächst zwei vergoldete, mehrfach gebogene, dünne Kupferdrähte *cc* in horizontaler Linie befestigt. An dem oberen Ende ist eine kleine Dose *V* aus vergoldetem dünnen Kupferbleche aufgesetzt.

Fig. 50.



Die Dose hat einen inneren Durchmesser von circa 20 Millimeter und eine Tiefe von 4 Millimeter. In ihr schwingt, an der Drehaxe *i* befestigt, eine etwas kleinere Scheibe aus dünnem Aluminiumbleche. Sie trägt zwei Drähte *g* aus gleichem Materiale. Die Enden der Drähte sind kugelig gearbeitet, um ein allenfallsiges Ausströmen von Elektrizität zu verhindern. Diese Scheibe sammt den Drähten ist bifilar an den Cocons aufgehängt. Der Kupferstab ist an seinem unteren Ende mit einem Drahte verbunden.

Bei feineren Instrumenten, welche ständig in demselben Laboratorium verbleiben, kann die Theilung am Glaszylinder durch Anbringung eines Spiegels entbehrlich und das Instrument für Spiegelablesung mittels Fernrohr eingerichtet werden.

Palmieri schätzt die Empfindlichkeit dieses Elektrometers höher als diejenige der Thomson-Instrumente.

Bei der Aufstellung ist darauf zu achten, dass die Aluminiumscheibe centrisch in der Kupferdose schwingt; man erreicht dieses durch die Benützung der drei Stellschrauben, andererseits ist durch das Drehen des Centrir- oder Torsionskopfes zu bewirken, dass die beiden Aluminiumdrähte in der Nullstellung ganz nahe den Kupferdrähten liegen.

Wird dem Instrumente nunmehr durch den Draht *l* eine Ladung mitgetheilt, so elektrisiren sich die Kupfer- und Aluminiumdrähte gleichnamig, stossen sich daher ab. Die Grösse dieser Ablenkung wird, wie erwähnt, an der Cylindertheilung oder an der Ableseplatte beobachtet.

Bei der zuletzt von Palmieri angenommenen Versuchsanordnung werden dem Instrumente nur kurz andauernde Ladungen zugeführt, die Ausschläge sollen in diesem Falle bis zu 70 Graden proportional den Ladungen sein.

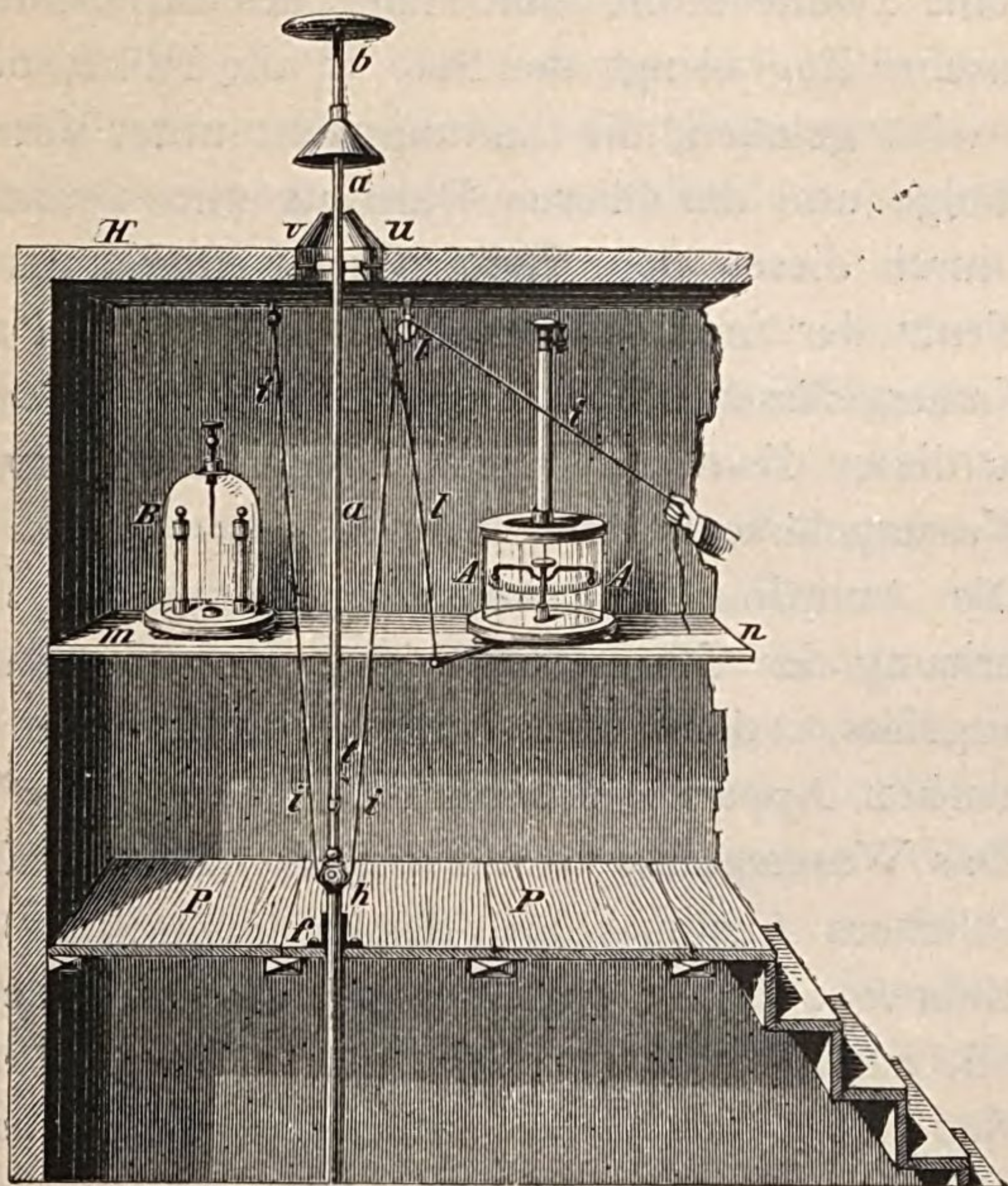
Behufs Zuführung der atmosphärischen Elektrizität in das Messinstrument bedient sich Palmieri, nachdem er vielfache Versuche mit Wasserstrahlen, Spitzenaufhängern u. s. w. gemacht hatte, einer beweglichen Aufhängestange.

Die nebenstehende Figur 51 wird seine Anordnung verständlich machen. Sie stellt den Durchschnitt des oberen Stockes eines Observatoriums für atmosphärische

Elektricitätsmessungen dar. Die Plattform des Daches ist durch eine cylindrische Oeffnung durchbrochen, durch welche eine Metallstange frei heraustreten kann.

Der oberste Theil der Stange ist mit einer an den Kanten wohl abgerundeten Platte *b* bedeckt; etwas unter-

Fig. 51.



halb derselben ist ein nach unten sich öffnender Trichter aufgesteckt, der eigentlich nur zum Schutze der Oeffnung gegen das Eindringen von Regen, Staub u. s. w. dient. Unterhalb der Oeffnung ist eine Metallführung eingelassen, wohl isolirt von der Dachconstruction, aber in leitender

Verbindung mit dem Stabe.¹⁾ Von hier aus werden auch die Stromleitungen l zu dem Messinstrumente hergestellt.

An dem unteren Ende des circa $1\frac{1}{2}$ Meter langen Stabes, der sich abwärts behufs besserer Führung in eine Holzstange fortsetzt, ist eine Rolle h angebracht, durch welche die Seidenschnur i läuft. Die Schnur ist einerseits an dem Dache befestigt, andererseits läuft sie über eine zweite Rolle zur Hand des Experimentators. Ein rascher Zug bringt den Stab in die Höhe, die obere Platte wird geladen, die Ladung geht unter Vermittlung der Stange und der oberen Führung zum Drahte l und wird durch diesen dem Elektrometer zugeführt.

Trotz der ungünstigen Resultate, welche Palmieri mit Wassergefäßen erhielt, sind die neueren Laboratorien, welche diesen Zwecken dienen, wieder zur Verwendung der Wassergefäße zurückgekehrt.

Die Anordnung Mascart's, welche die ständige Registrirung der Curven bezweckt, setzt sich aus dem Wassergefäß, dem Elektrometer und dem photographischen Apparate zusammen.

Das Wassergefäß ist ein cylindrischer Metallbehälter mit seitlichem Ausflussrohre, dessen Querschnitt mittelst eines Hahnes so regulirt wird, dass das Wasser, dessen Menge für zwölf Stunden berechnet ist, nur in Tropfen ausfließt.

Man stellt das Gefäß möglichst isolirt an einem hochgelegenen Punkte auf und verbindet es durch eine wohlisolirte Leitung mit dem Elektrometer im Laboratorium.

¹⁾ Das Nähere dieser Führung, sowie die Benützung des Elektrometers siehe: „Die atmosphärische Elektrizität“ von Luigi Palmieri, deutsch von Heinrich Discher. (A. Hartleben's Verlag. Wien 1884.)

Das Elektrometer ist ein Mascart-Instrument und unterscheidet sich von dem früher beschriebenen nur dadurch, dass an Stelle des Spiegelfensters eine Linse eingesetzt ist. Der photographische Apparat besteht aus einem Holzkasten, an dessen Seite eine kleine Gasolinlampe angebracht ist. Letztere, von einem Blechgehäuse allseitig umschlossen, hat gegen das Elektrometer zu eine Röhre mit einer verticalen Spalte. Aus dieser Spalte tritt das Licht der Lampe aus, geht durch die Linse und wird von dem Spiegel des Elektrometers reflectirt auf die Vorderwand des photographischen Apparates geworfen.

In der Vorderwand, ungefähr in der mittleren Höhe des Kastens, befindet sich ein horizontaler Schlitz, hinter welchem das in einem Rahmen gespannte, lichtempfindliche Papier, durch ein Uhrwerk getrieben, eine abwärts gehende Bewegung vollführt. Das Papier ist Leimgelatinepapier. Man ersieht aus dem Vorhergehenden, dass die jeweilige Stellung des Spiegels sich in einer feinen Linie markirt, welche fortlaufend die Curven über die Grösse und Art der atmosphärischen Elektrizität des betreffenden Ortes giebt.

Nach Verlauf von vierundzwanzig Stunden wird der Rahmen mit dem Papier abgenommen und durch einen neuen ersetzt.

Die Aichung des Instrumentes geschieht in Zwischenräumen durch Normalelemente.

Eine grössere, über ein Land gleichmässig vertheilte Anzahl derartiger Laboratorien würde bald wichtige Aufschlüsse auch auf meteorologischem Gebiete geben.

Im engen Zusammenhange mit der Untersuchung atmosphärischer Elektrizität steht die Frage der Gewitter-

bildung, sowie als praktische Seite dieser Frage die Construction und Untersuchung der Blitzableiter.

Soviel mir bekannt, wurden in dieser Richtung wohl vereinzelte Versuche vorgenommen, auch Erhebungen über die Wirkungen verschiedener Blitzableiter gepflogen, statistische Zusammenstellungen über Blitzschläge und dergleichen gefertigt, jedoch kein Laboratorium mit der ausdrücklichen Bestimmung zu Blitzableiter-Untersuchungen gegründet.

Ein Laboratorium für diese Zwecke wäre wohl am besten in Verbindung mit Observatorien für meteorologische Beobachtungen zu bringen. Der Natur der Sache nach wäre ein Ort mit nachweislich häufigen Blitzschlägen zu wählen, ausserdem, soferne nicht ein Gerüstbau oder Aufstellung von hohen Masten thunlich, der höchste, allseitig freie Thurm jenes Ortes in Benützung zu ziehen.

Die zu untersuchenden Spitzenformen müssten als höchste Punkte in einem gegenseitigen Abstände von mindestens 2 Meter auf dem zu verwendenden Objecte möglichst in gleicher Höhe und bestens isolirt aufgebracht sein. Die Höhendifferenz zwischen den Spitzen und dem obersten Punkte des Objectivs dürfte mindestens fünf Meter betragen.

Das Object selbst sollte durch Blechbedachung oder Metallbeschlag, in Verbindung einer Erdleitung, ohne Anwendung einer Spitze geschützt sein. Die von den Spitzen kommenden Ableitungsdrähte, dicke Kupferlitzen, sind isolirt in das Untersuchungslocal zu führen.

Die zu benützenden Apparate können sehr verschieden sein, je nach Ansprüchen an Empfindlichkeit, auf dauernde oder vorübergehende Aufzeichnungen.

Man wird von derartigen Apparaten ja überhaupt nur von grösseren Elektrizitätsmengen Wirkungen erhalten und sie erst beim Herannahen eines Gewitters betriebsfähig machen.

In den folgenden Zeilen muss ich mich auf Vorschläge beschränken, um mit diesen zu zeigen, in welcher Weise eine Lösung dieser mehr technischen Frage möglich ist.

Ich denke mir das Laboratorium als eine Bretterhütte mit einigen Fenstern. Die Hütte sei in zwei Theile getheilt, deren einen die Schutzvorrichtungen für die Apparate, den anderen diese selbst einnehmen. Die Schutzvorrichtungen dürften, ähnlich den Telegraphenblitzableitungen, aus starken, circa einen Quadratmeter haltenden geriffelten Gusseisenplatten als Bodenplatten bestehen, auf welchen die quengeriffelten Deckplatten in geringer Entfernung aufsitzen. Es wäre jedenfalls vortheilhaft, die Deckplatte in mehreren, beispielsweise zehn, einzeln abnehmbaren Stücken zu fertigen, damit bei allenfallsigem Zusammenschmelzen der beiden Platten ein bequemes Trennen derselben möglich ist. Ausserdem könnten die Platten mit starken Abstossschrauben versehen sein, welche gleichfalls ein rascheres Trennen der Schmelzstellen bewirken liessen. Die verschiedenen Grundplatten der Apparate sind mit einer bis in's Grundwasser gehenden, möglichst grossen Bodenplatte zu verbinden. Die oberen Platten sind unter sich mittelst des von den Spitzen kommenden Kupferdrahtseiles metallisch verbunden. Von ihnen aus führt ein einfacher Kupferdraht zu den Apparaten.

Besondere Aufmerksamkeit dürfte der Entfernung der Platten zugewendet werden; sie soll auf Jahre

hinaus, behufs Erzielung brauchbarer Vergleiche, dieselbe sein. Durch Zwischenlage von geschliffenen Hartglasplättchen wird diese Gleichheit erhalten. Die aufschreibenden Apparate können galvanische, chemische, elektrische und optische sein.

Als galvanischen Apparat kann man jeden Morse-Doppelschreibapparat verwenden, dessen Papierstreifen eine gleichmässige Bewegung hat. Besser dürften sich hierzu die auf Sternwarten gebräuchlichen Chronographen-Morse eignen mit zwei Schreibfedern und einer dritten zur Markirung der Minuten.

Die beiden Schreibelectromagnete müssten polarisirt sein, und zwar entgegengesetzt, ausserdem wären beide parallel zu schalten.

Hierdurch wäre erreicht, dass auch die Richtung der atmosphärischen Elektricität aufgezeichnet würde. Diese und ähnliche galvanische Apparate dürften im Nebenschlusse zu schalten, die Elektromagnete mit vielen Windungen feinen Drahtes zu versehen und jede Spule desselben in ein Hartgummigefäss mit Oel zu stellen sein. Durch das Oel wird eine durchgeschlagene Stelle sofort wieder ausgebessert; es ist allerdings hierbei nothwendig, dass dasselbe leicht zwischen die einzelnen Lagen einzudringen vermag. Durch Zwischenlage schmaler, der Längsaxe nach laufender Cartonstreifen zwischen jeder folgenden Lage, derart, dass ein dem Streifen gleich breiter freier Raum aufgespart bleibt, ferner durch Umgestaltung der Spulenplatten in Siebform dürfte der angestrebte Zweck erreicht werden.

Die chemischen Apparate dürften wohl die einfachsten sein. Ein etwas breiter Streifen chemisch präparirten Papierees würde durch ein Uhrwerk regelmässig bewegt.

Auf ihm schleifen fünf Platindrähte, die bis an das äusserste Ende in Glasröhrchen eingeschmolzen sind. Unterhalb der Auflagestelle der Platindrähte befände sich eine vergoldete Messingwalze. Vier der Drähte gehören je einem der zu untersuchenden Blitzableiter an, während der fünfte durch eine Uhr in der Minute oder Secunde Strom erhält, demgemäss die Zeitangaben markirt. Der präparirte Streifen würde vor der Contactstelle eine feuchte Walze zu durchlaufen haben.

Rein elektrische Registrir-Instrumente dürften den vorhergehenden ähnlich zu construiren sein. An Stelle des chemisch präparirten Papiere trete ein flammensicher imprägnirter Streifen; das Durchschlagen des Papiere giebt die Zahl der Entladungen.

Die Walze eines Chronographen könnte zu gleichem Zwecke benützt werden. Dieselbe wäre mittels Alcanna roth zu färben und zu berussen. Die Platinstifte dürften die Walze nicht berühren; die Funkenspuren wären als kleinere oder grössere Russhöfe mit centralen Punkten aufzusuchen. Die photographische Methode endlich würde ein Dunkelzimmer, eine bewegliche, sehr empfindliche photographische Platte, die Linsenvorrichtung und die Kugelelektroden, zwischen welchen die Entladungen stattfinden, benöthigen.

In diesen Zeilen glaube ich wenigstens die wichtigsten möglichen Methoden berührt zu haben; das Gebiet der praktischen und wissenschaftlichen Blitzableiterprüfung wird ja erst aufgeschlossen werden. Soviel mir bekannt, trägt sich der polytechnische Verein in München mit dem Plane, dieser Frage näher zu treten und die Ausführungen der Versuche der elektrotechnischen Versuchstation München zu übertragen.

Neben der Blitzableiterfrage selbst müsste das Studium der Vertheilung der Gewitterwolken für einen bestimmten Ort gleichen Schritt halten.

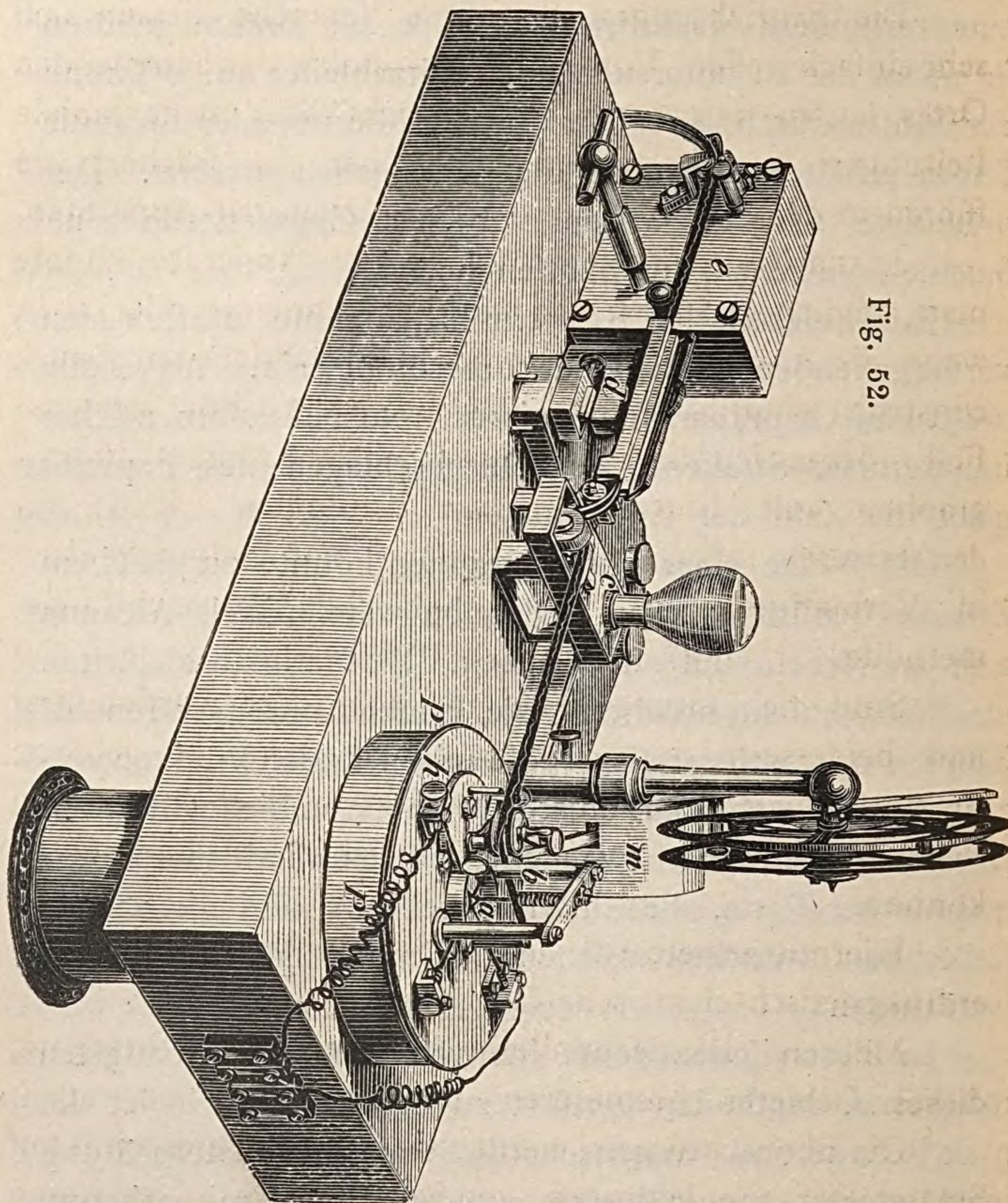


Fig. 52.

In Städten mit ausgedehntem Telephonnetze lässt sich die Bewegung eines Gewitters unschwer verfolgen. Das Fallen der Klappen an den Centralumschaltern zeigt immer die Richtung an, in welcher ein besonders

heftiger Ausgleich der Elektricitäten stattfindet. Leider geben unpolarisirte Elektromagnete nicht die Art des Ausgleiches an.

Die Einrichtungen für diese Versuche liessen sich sehr einfach treffen. Von dem Mittelpunkte des betreffenden Ortes laufen symmetrisch vier, acht oder mehr radiale Leitungen in möglichster Höhe über die Dächer; sie führen in dem Centralpunkte zu den Registrir-Apparaten.

Je nach der Empfindlichkeit der Apparate könnte man tägliche Aufzeichnungen vornehmen, oder aber, wenn die Apparate nur für den vorbeschriebenen Zweck construirt sind, zur Zeit eines Gewitters. Für letzteren Fall möchte ich die früher beschriebenen Morse-Chronographen mit Elektromagneten empfohlen haben, für den ersteren jedoch die Anwendung von Galvanometern in Verbindung mit photographischer Aufzeichnungsmethode.

Sind die Leitungen von beträchtlicher Ausdehnung und beiderseits durch Bodenplatten zur Erde geführt, so wird man ausser den Luftelektricitätserscheinungen sicher auch erdmagnetische Einwirkungen beobachten können.

Hiermit betrete ich das Gebiet der Laboratorien für erdmagnetisch-elektrische Beobachtungen.

Mehrere elektrische Vereine haben die Erforschung dieses Gebietes besonderen Zweigvereinen übertragen.

Die Beobachtungen werden bis jetzt grösstentheils auf Staatstelegraphenleitungen gemacht, welche zu gewissen Zeiten oder dauernd entbehrlich sind. Ungünstigerweise ist die Mehrzahl der Leitungen wegen gegenseitiger Induction der Drähte desselben Gestänges aufeinander für diese Zwecke wenig brauchbar.

Als registrirende Apparate benützt man Spiegelgalvanometer mit photographischer Aufzeichnung, oder auch mit farbiger Schrift nach Art der Thomson'schen Syphonrecorder, oder aber der von Siemens und Halske gefertigten Russschreiber (Fig. 52).

Eines Instrumentes der ersten Art, ausserdem noch des Russschreibers, bedient sich das Erdstromcomité in Berlin.

Der Hauptsache nach besteht ein Russschreiber aus einer Multiplikatorspule, *a*, welche sich in einem centrisc inneren und concentrisch äusseren, starken magnetischen Felde bewegt.

Die Bewegungen der Spule werden durch Hebelübersetzung auf einen berussten, breiten, beweglichen Papierstreifen übertragen, die Schrift fixirt und auf diese Art als dauernde Aufzeichnung der Stromintensitäten erhalten.

Alphabetisches Sachregister.

Ablesefernrohre 1.	Aufstellung der Elemente für Kabelmessungen 124.
Ablesefernrohr nach Hartmann u. Braun 7.	Barometer nach Fortin 182.
Ablesefernrohr nach Edelmann 4.	„ Heberbarometer 182.
„ „ Edelmann 5.	Basis der Galvanometer 67.
„ binoculares 13.	Batterien 111.
„ dreifaches 14.	„ feuchte 40.
Ableselatten 3.	Bifilare Wickelung der Widerstandsrollen 127.
Absolutes Elektrometer nach Minchin 51.	Bindedrähte 148.
Absolutes Elektrometer nach W. Thomson 45.	Binocularfernrohre 13.
Absolutes Elektrometer nach W. Thomson 50.	Blitzschutzvorrichtungen 221.
Arbeitstisch 195.	Bodenleitungen 153.
Astasirender Magnet, Ersatz desselben 83.	Bodenleitung mit Platten 154.
Astasirung von Magnetsystemen 86.	„ nach Grüner 154.
Aufstellung der Instrumente, erschütterungsfreie 186.	„ „ Malisz 155.
Aufstellung des W. Thomson'schen Quadrantenelektrometers 25.	Capillarelektrometer nach Christiani 56.
Aufstellung des Edelmann'schen Quadrantenelektrometers 38.	Capillarelektromet. n. Debrun 56.
Aufstellung der Capillarelektrometer 55.	„ „ Fleischl 57.
Aufstellung der Dynamomaschinen 106.	„ „ n. Lippmann 53.
	Centrirkopf 72.
	Cocon, Aufziehen des auf Fadentreuze 2.
	Cocon, Einziehen des in Galvanometer 74.
	Commutatoren 138.
	Consolen 163.

- Consoltische 171.
 Dämpfer 60.
 Daniell-Elemente 112.
 Dose 21.
 Dosenelektrometer nach W. Thomson 21.
 Dreifuss aus Holz 166.
 " " Messing 156.
 " " nach Gauss 167.
 Dynamomaschine von Fein 105.
 " " von Kröttlinger 105.
 " " von Nerz 106.
 " " von Siemens u. Halske 104.
 Einführung der Luftleitungsdrähte mit Hartgummiglocken 151.
 Einführung der Luftleitungsdrähte mit Tüllen 151.
 Eingypsen der Isolatoren 147.
 Elektrodynamometer nach Frölich 96.
 Elektrodynamom. nach Giltay 99.
 " " " Quinke 95.
 " " " n. Kohlrausch 94.
 Elektrometer 21.
 " " " nach Palmieri 213.
 Elektrometerschlüssel nach Beetz 140.
 Elektromotorische Kraft der L. Clark-Elemente 118.
 Elektromotorische Kraft d. Lodge-Elemente 119.
 Elektromotorische Kraft der Kittler-Elemente 120.
 Elemente nach Daniell 113.
 Elemente nach Warren de la Rue 121.
 Elemente nach Lalande 123.
 Elemente, Chromelemente 114.
 Elemente für Kabelmessungen, Aufstellung derselben 124.
 Empfindlichkeitsgrad des aperiodischen Galvanometers nach Deprez 90.
 Empfindlichkeitsgrad des astatischen Galvanometers nach Carpentier 86.
 Empfindlichkeitsgrad des Elektrodynamomet. nach Frölich 98.
 Empfindlichkeitsgrad des Elektrodynamometers nach Giltay 101.
 Empfindlichkeitsgrad des Mikrogalvanomet. nach Rosenthal 92.
 Empfindlichkeitsgr. des W. Thomson'schen Elektrometers 26.
 Fadenkreuze 2.
 Fassung der Kohlen bei Chromelementen 114.
 Fettcomposition nach Tovote 106.
 Flaschenelemente 114.
 Flüssigkeitsdämpfer 65.
 Galvanometer 58.
 " " " aperiodisches, nach Deprez 88.
 Galvanometer, astatisches, nach Carpentier 84.
 Galvanometer, astatisches, nach W. Thomson 88.
 Galvanometer nach Braun 81.
 " " " Edelmann 80.
 " " " Kohlrausch 76.
 " " " Reiner 77.
 " " " Siemens 79.
 " " " Thomson 75.
 Gasleitungen 169.
 Glasplatten, planparallele 71.

- Glasscalen 3.
 Glockenmagnet 62.
 Glycerin, Dämpfung durch 66.
 Hängefernrohr 9.
 Heizanlagen 169.
 Holzklammern für Drähte 192.
 Isolatoren, Porzellanglocken 147.
 „ nach Mascart 194.
 Kästen, Schränke 170.
 Klemmen für Apparate 144.
 „ „ Drähte 143.
 Laboratorium des Mechanikers 184.
 Laboratorium des Mechanikers,
 grösseres 186.
 Laboratorium des Technikers 189.
 „ „ „ voll
 ständiges 197.
 Laboratorium für Beobachtung at-
 mosphärischer Elektricität nach
 Palmieri 212.
 Laboratorium für Beobachtung at-
 mosphärischer Elektricität nach
 Mascart 217.
 Laboratorium für Blitzableiterbeob-
 achtungen 220.
 Laboratorium für Telegraphen-
 ämter 208.
 Laboratorium für Telegraphen-
 ämter, für Telephonie 209.
 Laboratorium nach Carpentier,
 Mercadier 200.
 Läden 168.
 Ladung des W. Thomson'schen
 Elektrometers 25.
 Ladungsschlüssel nach Rymer Jones
 141.
 Ladungsverlust beim W. Thom-
 son'schen Elektrometer 25.
 Lampenablesung 17.
 Leitungsbau 146.
 Lösung für Silbervoltameter 161.
 „ „ Kupfervoltamet. 162.
 Löthstellen 149.
 Löthung der Drähte 148.
 Luftdämpfer 60.
 Luftdämpfer nach Edelman 61.
 „ „ Töpler 62.
 Luftleitungen 146.
 Luftpumpe nach Edelman 172.
 „ „ Geissler 179.
 „ „ Sprengel 178.
 Luftpumpenfett 177.
 Magnetelektrische Maschinen 104.
 Magnetring 64.
 Mariotte'sche Flasche 66, 97.
 Mascart-Elektrometer 31.
 Messbrücke, Anfertigung der 126.
 Messbrücke nach Siemens und
 Halske 125.
 Mikrogalvanometer nach Rosen-
 thal 90.
 Mikrogalvanometer nach Rosen-
 thal, astatisches 91.
 Motoren für Dynamomaschinen
 205.
 Multiplicatoren des Edelman'schen
 Galvanometers 80.
 Multiplicatorrollen 67.
 Nebenapparate der Laboratorien
 163.
 Nerz-Dynamomaschine 106.
 Normalelement nach L. Clark 117.
 „ „ Kittler 119.
 „ „ Lodge 119.
 Ocularkopf 2.
 Oelung der Lager 107.

- Paraffin-Stöpsel, Anfertigung derselben 118.
 Paraffin, Tränkung der Kohlen damit 114.
 Prüfungsraum für Dynamomaschinen 206.
 Quadrantenelektrometer nach Mascart 28.
 Quadrantenelektrometer nach Penscy 33.
 Quadrantenelektrometer nach Stöhrer 31.
 Quadrantenelektrometer nach Thomson 21.
 Quecksilberluftpumpen 178.
 Registrirapparate für atmosphär. Elektrizität 219.
 Registrirapparate für Blitzableiter, chemische 222.
 Registrirapparate für Blitzableiter, elektrische 223.
 Registrirapparate für Blitzableiter, galvanische 222.
 Remanenter Magnetismus im Giltay Elektrodynamometer 101.
 Replenisher nach Mercadier 43.
 Riemen, Behandlung derselben 107.
 Rotationsmaschinen 104.
 Rotirende Spiegel 211.
 Russchreiber von Siemens und Halske 226.
 Scagliuola 215.
 Schwarzbrennen 72.
 Selbstöler 107.
 Silbervoltameter 159.
 Spannen der Drähte 148.
 Spiegel, Magnetspiegel 64.
 Spiegelgehäuse nach Carl 69.
 Spiegelgehäuse nach Edelman 71.
 „ „ Siemens und Halske 70.
 Stecker, Stöpsel 138.
 Stöhrer-Elektrometer 31.
 Stromabnehmer, Einstellung derselben 110.
 Stromquellen 104.
 Stromschlüssel nach Edelman 136.
 „ „ Paterson 136.
 „ mit Quecksilber 137.
 Stromstärke für Silbervoltameter 161.
 Suspensionsröhren 72.
 Tachometer 207.
 Tauchbatterie 117.
 Telephone 207.
 Temperaturcoefficienten d. Clark-Elemente 118.
 Temperaturcoefficienten der Kittler-Elemente 120.
 Thermometer 183.
 Thermosäulen 111.
 Thonzellen 113.
 Tische 170.
 Torsionskopf 72.
 Transportables Elektrometer nach W. Thomson 49.
 Trocken-Elemente nach Beetz 40.
 Trommelmaschine nach Hefner-Alteneck 104.
 Variabler Dämpfer nach Edelman 80.
 Voltameter 156.
 „ für getrennte Gase 156.
 „ nach Ledinghams 158.
 „ nach Kohlrausch 157.
 „ Kupfervoltameter 161.

- | | |
|---|---|
| Voltameter, Silbervoltameter 159.
Wage, chemische 180.
Wandfernrohre nach Neumayer 9.
Wasserbatterie 40.
Wasserleitungen 169.
Wiederhersteller nach Mercadier 43.
Widerstände für starke Ströme 133
„ aus Flüssigkeiten 132.
„ aus Graphit 131.
Widerstandskästen nach Hartmann und Braun 128. | Widerstandskästen nach Siemens und Halske 125.
Widerstandskästen nach Siemens und Halske 130.
Widerstandskästen nach Varley und Thomson 129.
Wippen 135.
„ nach Poggendorff 139.
Zwischenvorgelege, veränderliches 206. |
|---|---|

A. Hartleben's Verlag's Elektrische Bibliothek.
In reichillustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.
eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.
Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. 4. Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Ed. Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Aufl. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektrotechnik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlriz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabel-Telegraphie. Von M. Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie. Von Josef Schaschl. XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik und deren neuere Hilfsapparate. Von August Neumayer.

Neumayer, August

Die Laboratorien der Elektro-Technik und deren neue Hilfsapparate

Wien, Pest; Leipzig 1887

Techn. 2003 h-10

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11905193-6